BERICHTE UND ABHANDLUNGEN
der Wissenschaftlichen Gesellschaft für Luftfahrt
(Beihefte zur „Zeitschrift für Flugtechnik und Motorluftschiffahrt")

SCHRIFTLEITUNG:
Wissenschaftliche Gesellschaft f. Luftfahrt
vertreten durch den Geschäftsführer Hauptmann a. D. G. KRUPP
Berlin W 35, Schöneberger Ufer 40 pt.

WISSENSCHAFTLICHE LEITUNG:
Dr.-Ing. Dr. **L. Prandtl** und Dr.-Ing. **Wilh. Hoff**
Professor a. d. Universität Göttingen
Direktor d. Deutschen Versuchsanstalt, Adlershof

4. Heft **April 1921**



„JAHRBUCH 1920"

INHALT:

Geschäftliches:

Vorträge der VI. Ordentl. Mitglieder-Versammlung:

Wir möchten an dieser Stelle die ganz besondere Bitte an die verehrlichen Mitglieder richten, uns vor der nächst Versammlung die Adressen gütigst mitteilen zu wollen, damit die Einladungen möglichst vollständig ergehen.



Verlag von R. Oldenbourg / München und Berlin / 1921

GESCHÄFTLICHES

I. Mitglieder-Verzeichnis.

1. Gesamtvorstand.

[Nach dem Stande vom 1. April 1921.]

Ehrenvorsitzender:

Seine Königliche Hoheit, Heinrich Prinz von Preußen, Dr.-Ing.

Vorsitzende:

Schütte, Geh. Reg.-Rat, Prof. Dr.-Ing., Zeesen b. Königswusterhausen, Schütte-Lanz-Straße.
Wagenführ, Major, Berlin W, Friedrich-Wilhelmstr. 18.
Prandtl, Prof., Dr. Dr.-Ing. e. h., Göttingen, Bergstr. 15.

Beisitzer:

Baumann, Prof., Stuttgart, Danneckerstr. 39a.
Dieckmann, Prof. Dr., Gräfelfing b. München, Bergstr. 42.
Dorner, Dipl.-Ing., Hannover, Hindenburgstr. 25.
Dornier, Dipl.-Ing., Friedrichshafen a. B., Königsweg 55.
Dörr, Dipl.-Ing., Überlingen a. B.
Dröseler, Marinebaumeister, Berlin SW 11, Halleschestr. 19.
Engberding, Marinebaurat, Berlin W 50, Pragerstr. 4 II.
Gradenwitz, Dr.-Ing., Berlin-Grunewald, Winklerstr. 6.
Hoff, Dr.-Ing., Direktor der Deutschen Versuchsanstalt für Luftfahrt, Adlershof.
Hopf, Dr., Technische Hochschule, Aachen.
Junkers, Prof., Dr.-Ing., Dessau, Kaiser-Platz 21.
Kármán v., Prof., Dr., Aachen, Lousbergstr. 20.
Kober, Dipl.-Ing., Friedrichshafen a. B.
Koschel, Oberstabsarzt a. D., Dr. med. et. phil., Berlin W 57, Mansteinstr. 5.
Kruckenberg, Direktor der »Schütte-Lanz-Werke-Mannheim«, Heidelberg, Unter der Schanze 1.
Linke, Prof., Dr., Frankfurt a. M., Mendelssohnstr. 77.
Madelung, Dipl.-Ing., Dessau, Askanischestr. 105.
Maybach, Direktor, Friedrichshafen a. B., Zeppelinstr. 11.
Müller-Breslau, Geh. Reg.-Rat, Prof., Dr.-Ing., Berlin-Grunewald, Kurmärkerstr. 8.
Naatz, Hermann, Obering., Dipl.-Ing., Bitterfeld, Kaiserstraße 58.
Parseval v., Major z. D., Prof., Dr., Dr.-Ing., Charlottenburg, Niebuhrstr. 6.
Pröll, Prof., Dr.-Ing., Hannover, Welfengarten 1.
Rasch, Direktor, Zeppelin-Werke G. m. b. H., Staaken b. Spandau.
Reißner, Prof., Dr.-Ing., Berlin-Wilmersdorf, Wittelsbacherstraße 18.
Rumpler, Generaldirektor, Dr.-Ing., Berlin-Johannisthal, Rumplerwerke.
Schwager, Dipl.-Ing., Charlottenburg, Friedbergstr. 24.
Süring, Geh. Reg.-Rat, Prof., Dr., Potsdam, Telegraphenberg.
Wegener, Kurt, Prof., Dr., Hamburg-Groß-Borstel, Warnecker Weg 15.

Kommissare der Behörden: Geh. Reg.-Rat und Vortragender Rat Prof. Dr.-Ing. F. Bendemann-Berlin (Reichsamt für Luft- und Kraftfahrwesen), Ministerialrat Thilo-Berlin (Reichspostministerium).

2. Geschäftsführender Vorstand.

Schütte, Geh. Reg.-Rat, Prof., Dr.-Ing., Zeesen b. Königswusterhausen, Schütte-Lanz-Straße, zugleich Schatzmeister.
Wagenführ, Major, Berlin W, Friedrich-Wilhelmstr. 18.
Prandtl, Prof., Dr. phil., Dr.-Ing. e. h., Göttingen, Bergstr. 15.

Geschäftsführer.

Krupp, Hauptmann a. D.
Geschäftsstelle: Berlin W 35, Schöneberger Ufer 40 pt., Flugverbandhaus.
Bankkonto: Deutsche Bank, Rohstoff-Abtlg. Berlin W 8, Behrensstr.
Postscheckkonto Berlin Nr. 22844; Telephon: Amt Lützow Nr. 6508.

3. Mitglieder.

a) Lebenslängliche Mitglieder:

Biermann, Leopold O. H., Bremen, Blumenthalerstr. 15.
Hagen, Karl, Bankier, Berlin W 35, Derfflingerstr. 12.
Madelung, Georg, Dipl.-Ing., Dessau, Askanischestr. 105.
Selve, Walter v., Dr.-Ing. e. h., Fabrik- und Rittergutsbesitzer, Altena i. W.
Deutsche Versuchsanstalt für Luftfahrt E. V., Berlin-Adlershof.
Sächs. Automobil-Klub E. V., Dresden-A., Waisenhausstraße 29 I.
Siemens-Schuckert-Werke G. m. b. H., Siemensstadt b. Berlin.

b) Ordentliche Mitglieder:

Achenbach, W., Dr.-Ing., Berlin W 50, Culmbacherstr. 3.
Ackermann-Teubner, Alfred, Hofrat, Dr.-Ing., Leipzig, Moschelisstr. 1.
Adami, Hauptmann a. D., Berlin-Friedenau, Offenbacherstr. 5.
Ahlborn, Friedrich, Prof Dr., Hamburg 22, Uferstr. 23.
Antrick, Otto, Dr., Generaldirektor in Firma Chem. Fabrik auf Aktien vorm. E. Schering, Berlin-Westend, Ahornallee 25.
Apfel, Hermann, Kaufmann, Leipzig, Brühl 62.
Arco, Georg, Graf, Dr. phil. h. c., Direktor der Gesellschaft für drahtlose Telegraphie, Tempelhof, Albrechtstr. 49/50.

Baatz, Gotthold, Marinebaumeister a. D., Chefkonstrukteur der Luft-Fahrzeug-Ges. m. b. H., Abt. Seeflugzeugbau, Stralsund, Frankendamm 39E.
Bader, Hans Georg, Dr.-Ing., Berlin W 15, Sächsischestr. 68.
Balaban, Karl, Dipl.-Ing., Schwechat b. Wien, Brauhausgasse 2.
Balgé, Hermann, Rostock a. M., Hopfenmarkt 4, Postfach 21, Vertreter der Vereine: Landesverband Mecklenburg des Deutschen Luftflottenvereins, Rostock i. M., Rostocker Aero-Club E. V., Rostock i. M., Ortsgruppe Rostock des Deutschen Luftflottenvereins E. V., Rostock i. M.
Banki, Donat, Prof., Budapest, Ung. Josefs-Polytechnikum.
Barth, Heinrich Th., Großkaufmann, Leutnant d. R., Nürnberg, Gut Weigelshof.
Bartsch, Moritz Karl, Obering., Brandenburg a. H., Packhofstr. 12.
Basenach, Nikolas, Dr.-Ing., Maybach-Motorenbau Wildpark-Potsdam, Potsdam, Marienstr. 9.
Baßler, Kurt, Direktor der Allgemeinen Elektrizitäts-Gesellschaft, Lokomotivfabrik, Hennigsdorf b. Berlin.
Bassus, Conrad Freih. v., Privatgelehrter, München, Steinsdorffstr. 14.
Baeumker, Adolf, Oblt., Berlin-Steglitz, Fichtestr. 29.
Bauersfeld, W., Dr.-Ing., Jena, Sonnenbergstr. 1.
Baumann, A., Prof., Stuttgart, Danneckerstr. 39a.
Baumgart, Max, Ingenieur, Berlin W 57, Winterfeldstr. 15.
Baumeister, Hans, Ing., Friedrichshafen a. B., Friedrichstr. 15.

Becker, Eduard, i. Fa. Fueß, Berlin-Steglitz, Dünterstr. 8.
Becker, Gabriel, Prof., Dr.-Ing., Techn. Hochschule Berlin, Charlottenburg, Stülpnagelstr. 20.
Bendemann, F., Geh. Reg.-Rat und Vortr. Rat im Reichsamt für Luft- und Kraftfahrwesen, Prof. Dr.-Ing., Potsdam, Weinmeisterstr.
Bentivegni, Richard v., Hauptmann a. D., Berlin-Charlottenburg, Uhlandstr. 25.
Berndt, Geh. Baurat, Prof., Technische Hochschule Darmstadt, Martinstr. 50.
Bernhardt, C. H., Fabrikbesitzer, Dresden-N., Alaunstr. 21.
Berson, A., Prof., Berlin-Lichterfelde-West, Fontanestr. 2b.
Berthold, Korv.-Kap. a. D., Berlin, Rüdesheimerplatz 5.
Bertram, Hans Hermann, Kapitänleutnant, Warnemünde, Diedrichshäger Landweg 11.
Besch, Marinebaurat, Reichsschatzministerium, Berlin W 10, Schöneberger Ufer 30.
Bethge, Richard, Dipl.-Ing., Charlottenburg, Küstrinerstraße 12a.
Betz, Albert, Dr. phil., Dipl.-Ing., Abteilungsleiter der aerodyn. Vers.-Anst., Göttingen, Böttingerstr. 8.
Beyer, Hermann, Chem. Bleicherei Öderan, Dresden, Pragerstr. 47.
Bier, Heinrich, Generaldirektor d. Ung. Lloyd-Werke-A.-G., Budapest V, Tükör Utcza 2.
Blankenstein, Walter, Direktor der Lloyd-Ostflug G. m. b. H., Charlottenburg, Sophie-Charlottestr. 67/68.
Bleistein, W., Dipl.-Ing., Heidelberg, Landfriedstr. 14.
Blumenthal, Otto, Prof. Dr., Techn. Hochschule, Aachen, Rütscherstr. 38.
Bock, Ernst, Dr.-Ing., Chemnitz, Würzburgerstr. 52.
Bolle, Oblt., Potsdam, Reiter-Regiment 4.
Borchers, Max, Hauptmann a. D., Crimderode b. Nordhausen a. Harz.
Borck, Hermann, Dr. phil., Berlin NW 23, Händelstr. 5 I.
Borsig, Conrad v., Geh. Kommerzienrat, Berlin N 4, Chausseestraße 13.
Borsig, Ernst v., Geh. Kommerzienrat, Berlin-Tegel, Reiherwerder.
Böhm, Paul, stud. ing., Berlin-Wilmersdorf, Hohenzollerndamm 184.
Boykow, Hans, i. Fa. Optische Anstalt C. P. Goerz, Berlin-Schöneberg, Hauptstr. 85.
Brickenstein, Oskar, Kaufmann, Düsseldorf-Oberkassel, Düsseldorferstr. 15.
Bröking, Fritz, Marinebaurat, Schiffs- und Maschinenbau A.-G., Mannheim.
Bucherer, Max, Ziviling., Reinickendorf-West, Scharnweberstr. 108 I.
Budig, Friedrich., Ing., Falkenberg-Grünau (Mark), Schirnerstraße 15.
Buggenhagen, Gerd v., Rittmeister a. D., in Fa. Erich F. Huth G. m. b. H., Berlin SW 48, Wilhelmstr. 130.
Buttlar, Waldemar v., Hauptmann a. D., Elbersberg b. Naumburg, Bez. Kassel.

Capelle, Geh. Oberreg.-Rat, Präsident der Deutschen Seewarte, Hamburg 9.
Carganico, Victor, Major a. D., in Fa. Franz Schneider Flugmaschinenwerke Seegefeld b. Spandau, Berlin-Südende, Berlinerstr. 16.
Colsmann, Alfred, Kommerzienrat, Generaldirektor der Luftschiffbau-Zeppelin-G. m. b. H., Friedrichshafen a. B.
Coulmann, W., Marinebaurat a. D., Lehrer an den Technischen Staatslehranstalten, Hamburg, Wandsbecker Chaussee 76.

Dechamps, H., Obering., Bremen, Graf Moltkestr. 5.
Degn, P. F., Direktor, Dipl.-Ing., Neumühlen-Dietrichsdorf, Katharinenstr. 3.
Deutrich, Joh., Dipl.-Ing., Minden i. W., Karlstr. 24.
Dickhuth-Harrach, v., Hauptmann a. D., Berlin W 50, Nürnbergerstr. 28.
Dick, Admiral z. D., Exzellenz, Berlin-Schmargendorf, Marienbaderstr. 1.
Dobloff, Walter v., Frhr., Dr.-Ing., Berndorfer Metallwarenfabrik A. Krupp A.-G., Berndorf, N.-Ö.
Dorner, Hermann, Dipl.-Ing., Hannover, Hindenburgstr. 25.
Dornier, C., Dipl.-Ing., Friedrichshafen a. B., Königsweg 55.
Döring, Hermann, Dr. jur., Berlin-Wilmersdorf, Markgraf Albrechtstr. 13 I.
Doepp, Philipp v., Ing., Dessau, Kaiserstr. 20.
Dörr, W. E., Dipl.-Ing., Direktor des Luftschiffbau Zeppelin, Überlingen a. B.
Doettloff, E., Dipl.-Ing., I. Vorsitzender des Hessischen Bezirks-Vereins deutscher Ingenieure, Cassel-Wilhelmshöhe, Landgraf Karlstr. 58.
Drexler, Franz, Ingenieur, Direktor der Kreiselbau-G. m. b. H., Berlin-Friedenau, Kaiser-Allee 118.
Dröseler, Paul, Marine-Schiffsbaumeister, Berlin SW 11, Hallesche-Str. 19.
Dürr, Oberingenieur, Dr.-Ing., Direktor der Luftschiffbau-Zeppelin-G. m. b. H., Friedrichshafen a. B.

Eberhardt, C., Professor, Dipl.-Ing. a. d. Techn. Hochschule, Darmstadt, Inselstr. 43 I.
Eberhardt, Walter v., Generallt., Exzellenz, Charlottenburg, Giesebrechtstr. 11.
Egtvedt, C. L., Boring Aeroplane Co., Seattle Washington, U. S. A.
Eichberg, Friedrich, Dr., Breslau 3, Grundstr. 12.
Eisenlohr, Roland, Dr.-Ing., Karlsruhe (Baden), Jahnstr. 8.
Elias, Hermann, Dr. phil., Charlottenburg-Westend, Stormstraße 7.
Emden, Prof. Dr., München, Habsburgerstr. 4.
Engberding, Marinebaurat, Berlin W 50, Pragerstr. 4 II.
Enoch, Otto, Dipl.-Ing., Berlin-Schöneberg, Hewaldstr. 6.
Entz, Curt, Marine-Ing., Berlin-Friedenau, Südwestkorso 12.
Eppinger, Curt, Ing., Berlin-Schöneberg, Ebersstr. 61 II.
Everling, Emil, Privatdozent, Dr., Cöpenick, Lindenstr. 10.
Ewald, Erich, Regierungsbaumeister, Oberlehrer an der Baugewerkschule Neukölln, Charlottenburg, Goethestr. 62.

Faber, Walther, Kaplt., Berlin-Grunewald, Charlottenbrunnerstraße 4.
Fehlert, C., Dipl.-Ing., Patentanwalt, Berlin SW, Belle-Alliance-Platz 17.
Fetting, Dipl.-Ing., Adlershof, Adlergestell 18, I.
Finsterwalder, Geh. Reg.-Rat, Prof., Dr., München-Neuwittelsbach, Flüggenstr. 4.
Fleischer, Alex., Friedr., Kaufmann, Berlin-Treptow-Süd, Baumschulenstr. 100.
Focke, Henrich, Dipl.-Ing., Bremen, Vasmerstr. 25.
Föttinger, H., Prof., Dr.-Ing., Zoppot, Bädekerweg 13.
Franken, Regierungsbaumeister, i. Fa. Stern-Sonneborn, Berlin-Wilmersdorf, Wittelsbacherstr. 22.
Fremery, Hermann v., Direktor, Schloß Spindlhof, Post Regenstauf.
Freudenreich, Walter, Ing., Charlottenburg, Pestalozzistr. 35.
Freyberg-Eisenberg-Allmendingen, Egloff, Frhr. v., Hauptmann, Potsdam, Jägerallee 7.
Friedensburg, Walter, Kaplt. a. D., Direktor der Jmex Kommanditges. m. b. H. Friedensburg & Co., Berlin W 15, Kaiser-Allee 204.
Friese, Robert M., Professor, Charlottenburg, Schillerstr. 12.
Fritsch, Georg, Kaufmann, Hildesheim, Hornemannstr. 10.
Fröbus, Walter, Direktor der Roland-Werke, G. m. b. H., Berlin C 25, Kl. Alexanderstr. 28.
Froehlich, Wilhelm, Ingenieur und Generaldirektor a. D., Berlin-Wannsee, Tristanstr. 11.
Fromm, Dipl.-Ing., Vertreter des Aerodynamischen Instituts der Technischen Hochschule Aachen.
Fuchs, Richard, Prof., Dr., Berlin-Halensee, Ringbahnstr. 7.
Fueß, Paul, Fabrikant, Berlin-Steglitz, Fichtestr. 45.

Gabriel, Michael, Direktor und Verwaltungsrat d. Phönix-Flugzeugw., Wien IV, Wiedener Hauptstr. 17 (Habighof).
Ganz, Leo, Geh. Kommerzienrat Dr., Dr. med. h. c., Frankfurt a. M., Barkhausstr. 14.
Gaule, Karl, Dipl.-Ing. Privatdozent, Technische Hochschule, Berlin-Nikolassee, Lückhoffstr. 24.
Gebauer, Curt, Regbmstr., Charlottenburg, Schlüterstr. 80 II.
Gebers, Dr.-Ing., Direktor der Schiffbautechn. Versuchsanstalt, Wien XX, Brigittenauerlände 256.
Geerdtz, Franz, Hauptmann a. D., Berlin-Wilmersdorf, Waghäuselerstr. 19.

Gehlen, K., Dr.-Ing., Rotterdam, Heemraadsingel 104.
Gentzen, Felix, Regierungsbaumeister a. D., Dr.-Ing., Berlin W 35, Schöneberger Ufer 36a I.
George, Fritz, Major, im Stabe des Wehr-Reichskommandos I, Königsberg i. Pr., Oeselerstr. 14.
Gerdien, Hans, Prof. Dr. phil., Leiter d. chem.-physik. Laboratoriums von Siemens & Halske, Berlin-Grunewald, Franzensbaderstr. 5.
Gerhards, Wilhelm, Marine-Oberingenieur, Kiel, Lübecker Chaussee 2 I.
Geyer, Hugo, Major a. D., Charlottenburg 9, Kastanien-Allee 23 II.
Giesecke, Ernst, Ökonomierat, Klein-Wanzleben (Bez. Magdeburg).
Glaser, J. Ferdinand, Ing., Frankfurt a. M., Leerbachstr. 54 I.
Gohlke, Gerhard, Ing., Berlin-Steglitz, Ahornstr. 3.
Goldfarb, Hans, cand. rer. pol., Düsseldorf, Lindemannstr. 110.
Goldschmidt, Hans, Prof. Dr., Berlin W 9, Bellevuestr. 13.
Goldschmidt, Karl, Kommerzienrat Dr., Essen (Ruhr), Chem. Fabrik und Zinnhütte.
Goldstein, Karl, Dipl.-Ing., Frankfurt a. M., Danneckerstr. 2.
Goltz, Curt Frhr. von der, Major a. D., Hamburg, Hapag, Alsterdamm 25.
Götte, Carl, Direktor der Dinos-Automobil-Werke A.-G., Berlin W 35, Potsdamerstr. 103 a.
Goetze, Richard, Fabrikbesitzer, Schloß Unterlind b. Sonneberg, S.-M.
Grade, Hans, Ing., Bork, Post Brück (Mark).
Grädenwitz, Richard, Dr.-Ing. h. c., Fabrikbesitzer, Berlin-Grunewald, Winklerstr. 6.
Grammel, R., Dr., Professor der Mechanik an der Techn. Hochschule, Stuttgart.
Gries, Aloys van, Dipl.-Ing. Cöln-Ehrenfeld, Merkenstr. 15.
Grod, C. M., Dipl.-Ing. i. Fa. Kondor-Flugzeugwerke G. m. b. H., Essen, Postfach 276.
Große, Major d. Ldw. a. D., Prof. Dr., Vorsteher des meteorologischen Observatoriums, Bremen, Freihafen I.
Grübler, M., Geh. Hofrat Prof. Dr., Dresden-A., Bernhardstraße 98.
Grulich, Karl, Dipl.-Ing., Charlottenburg, Kantstr. 111a.
Gsell, Robert, Dipl.-Ing., Eidgenössisches Luftamt, Bern (Schweiz), Eigerplatz 8.
Gümbel, Prof. Dr.-Ing., Charlottenburg, Schloßstr. 66.
Günther, Adolf, stud. ing., Zehlendorf (Wsb.), Handjerystraße 22.
Gutbier, Walter, Ingenieur und Direktor der Flugmaschine Rex G. m. b. H., Köln-Ossendorf.
Gutermuth, Ludw., Dipl.-Ing., Stralsund, Frankenstr. 60.
Gutke, Fritz, cand. ing., Berlin-Steglitz, Schloßstr. 26.

Haas, Rudolf, Dr.-Ing., Baden-Baden, Beuthenmüllerstr. 11.
Haber, Fritz, Geh. Reg.-Rat Prof. Dr., Direktor d. K.-W.-Instituts f. Physik, Chemie und Elektrochemie, Berlin-Dahlem, Faradayweg 8.
Hahn, Willy, Justizrat Dr., Rechtsanwalt und Notar, Berlin W 62, Lützowplatz 2.
Haehnelt, Wilhelm, Oberstlt. a. D., Berlin W 50, Neue Ansbacherstr. 12a.
Hahnemann, W., Direktor der Signal-Gesellschaft m. b. H., Kiel, Werk Ravensburg, Am Habsburger Ring.
Hamel, Georg, Prof. Dr., Berlin W 30, Eisenacherstr. 35.
Hammer, Fritz, Ing., Barranquilla, p. Adr. Giesecken & Co., Rep. de Colombia, Südamerika.
Hanfland, Kurt, Ing., Berlin SO 16, Schmidtstr. 35.
Harmsen, Conrad, Dipl.-Ing., Cöpenick-Wendenschloß, Fontanestr. 12.
Harpner, Robert, Ing., Berlin NW 21, Dortmunderstr. 14.
Hatlapa, Willy, Dr.-Ing., Essen-Frintrop, Frintroperstr. 584.
Heidelberg, V., Dipl.-Ing., Köln a. Rh., Herwarthstr. 6.
Heimann, Heinrich Hugo, Dr. phil., Dipl.-Ing., Berlin-Wilmersdorf, Motzstr. 38.
Heimann, Karl Maria, Dr. jur., 1. Direktor d. Knappschafts-Rückversicherungsverbandes in Charlottenburg, Berlin-Grunewald, Josef-Joachim-Str. 23.
Heinkel, Ernst, Ing., Grumbach b. Schorndorf (Württembg).
Heinrich, Prinz von Preußen, Königliche Hoheit, Dr.-Ing., Herrenhaus Hemmelmark, Post Eckernförde.
Heis, Bernhard, Dr., München, Pettenkoferstr. 26 I.
Helffrich, Josef, Dr. phil., Heidelberg, Mittelstr. 26.
Hering, Max, Fregattenkapitän a. D., Berlin-Grunewald, Franzensbaderstr. 2.
Herrmann, A., Regierungsbaumeister, Dipl.-Ing., Zeppelinwerke Staaken b. Spandau, Berlin-Halensee, Ringbahnstraße 2.
Herrmann, Hans, Ing., Charlottenburg, Goethestr. 23.
Hesse, Hans, Hauptmann a. D., Dessau, Ruststr. 3.
Heumann, Rud., Dipl.-Ing., Charlottenburg, Kaiserdamm 44.
Heylandt, Paul, Berlin-Südende, Lindenstr. 10.
Heymann, Oblt. a. D., Berlin W 50, Würzburgerstr. 7.
Hiehle, K., Direktor der Stock Motorpflug-A.-G., Berlin, Trautenaustr. 14.
Hildebrandt, Dr. phil., Hauptmann a. D., Goslar a. H., Zwingerwallpromenade 1.
Hintze, Adolf, Ing., Junkers-Werke, Dessau, Sophienstr. 1 II.
Hirth, Helmuth, Obering., Versuchsbau, Cannstatt b. Stuttgart, Pragstr. 34.
Hofe, Chr. v., Dr. phil., Zehlendorf, (Wsb.), Parkstr. 3.
Hoff, Wilh., Direktor der Deutschen Versuchsanstalt für Luftfahrt, Adlershof.
Hoffmann, Edgar, Dr.-Ing., Direktor der Aviatik A.-G., Leipzig, Weinligstr. 7.
Hohenemser, M. W., Bankier, Frankfurt a. M., Neue Mainzerstraße 25.
Homburg, Erich, Oblt. a. D., Berlin W 15, Hohenzollerndamm 200 IV.
Hopf, L., Dr., Aachen, Techn. Hochschule.
Hoeppner v, General der Kavallerie a. D., Exzellenz, Berlin W., Lützowstr. 73.
Hormel, Walter, Kaplt. a. D., Warnemünde, Diedrichshäger Chaussee 8.
Hoernes, Hermann v., Oberst a. D., Linz a. D., Roseggerstr. 3.
Horstmann, Marinebaumeister, Rüstringen, Oldenburg, Ulmenstr. 1 c.
Hromadnik, Julius, Ing., Frankfurt-Ost, Rückertstr. 50.
Hübener, Wilhelm, cand. med., Bremen, Sägestr. 36/38.
Huppert, Prof., Direktor des Kyffhäuser Technikums, Frankenhausen a. Kyffhäuser.
Huth, Erich F., Dr.-Ing., Berlin W 30, Landshuterstr. 9.
Huth, Fritz, Prof. Dr., Neukölln, Bergstr. 135.

Jablonsky, Bruno, Berlin W 15, Kurfürstendamm 18.
Jaray, Paul, Ing., Luftschiffbau Zeppelin, Friedrichshafen a. B., Meisterhofenerstr. 22.
Jaretzky, Ing., Berlin NW 52, Kirchstr. 13 II.
Joachimczyk, Alfred Marcel, Dipl.-Ing., Berlin W, Courbierestr. 9b.
Joly, August, Hauptmann a. D., Klein-Wittenberg a. d. Elbe.
Jonas, Otto, Bankier, Hamburg, Neuerwall 26/28.
Junkers, Hugo, Prof. Dr.-Ing., Dessau, Kaiser-Platz 21.

Kann, Heinrich, Obering., Charlottenburg, Ilsenburgerstr. 2.
Kármán, Th. v., o. Prof. Dr., an der Techn. Hochschule Aachen, Aachen, Lousbergstr. 20.
Kasinger, Felix, Direktor, Berlin W 35, Schöneberger Ufer 40.
Kastner, Gustav, Major a. D., Sonnenhof a. B., Post Hemigkofen (Württemberg).
Katzmayr, Richard, Dipl.-Ing., Wien IV/18, Apfelgasse 3.
Kehler, Richard v., Major a. D., Charlottenburg, Dernburgstraße 49.
Keitel, Fred., Ing., Zürich, Schaffhauserstr. 24 II.
Kiefer, Theodor, Ing., Direktor der Luftfahrzeug-Ges., Seddin b. Stolp (Pommern).
King, Oblt. a. D., cand. mach., Stuttgart, Kornbergstr. 35.
Kirste, Leo, Dipl.-Ing., Wien II, Erzherzog-Karl-Platz 18, T. 12.
Kjellson, Henry, Ziviling., Flygingeniör vid Svenska Arméns Flygkompani, Malmstätt (Schweden).
Kleinschmidt, E., Prof. Dr., Friedrichshafen a. B., Drachenstation.
Klemin, Alexander, Consulting Engineer, 22 East 17th Street, New York.
Klemperer, Wolfgang, Dipl.-Ing., Aachen, Preußweg 68.

Klingenberg, G., Prof. Dr., Dr. Ing. h. c., Dr. phil., Direktor der AEG, Charlottenburg, Neue Kantstr. 21.
Kloth, Hans, Regierungsbaumeister, I. Vorsitzender d. Kölner Bez.-Vereins deutscher Ingenieure, Köln-Marienburg, Marienburgerstr. 102.
Knoller, R., Prof., Wien VI, Röstlergasse 6.
Knorr, Robert, Dipl.-Ing., München, Ismaningerstr. 106 II l.
Kober, Th., Dipl.-Ing., Friedrichshafen a. B.
Koch, Erich, Dipl.-Ing., Charlottenburg, Neue Kantstr. 25.
Kölzer, Joseph, Dr., Meteorologe, Berlin W 30, Nollendorfstr. 29/30.
König, Georg, Obering., Berlin-Dahlem, Podbielsky-Allee 61.
Kook, E., Dipl.-Ing., Köln-Ehrenfeld, Gutenbergstr. 130.
Koppe, Heinrich, Dr. phil., Abt.-Leiter der D. V. L., Adlershof, Rudower Chaussee.
Köppen, Joachim v., Oblt., Berlin W 50, Geisbergstr. 21 (Pension Hindenburg).
Koschel, Oberstabsarzt a. D., Dr. med. et phil., Berlin W 57, Mansteinstr. 5.
Krause, H., Marinebaumeister, Malmö, Hamngatan 4.
Krause, Max, Fabrikbesitzer, Berlin-Steglitz, Grunewaldstr. 44.
Krell, Otto, Prof., Direktor der Siemens-Schuckert-Werke, Berlin-Dahlem, Cronbergerstr. 26.
Krey, H., Regierungsbaurat, Leiter der Versuchsanstalt für Wasserbau u. Schiffbau, Charlottenburg, Leibnitzstr. 20 II.
Kroll, Willy, Verlagsbuchhändler, Leipzig-Schönefeld, Schmidt-Rühlstr. 36.
Kromer, Ing., Leiter d. Abt. Luftfahrzeugbau d. Polytechnikums Frankenhausen, Frankenhausen a. Kyffhäuser.
Kruckenberg, Fr., Direktor der »Schütte-Lanz-Werke-Mannheim«, Dipl.-Ing., Heidelberg, Unter der Schanze 1.
Krupp, Georg, Hauptmann a. D., Geschäftsführer der WGL, Charlottenburg, Kaiserdamm 23.
Krupp, Kurt, Lt. a. D., Bienau b. Liebemühl, Ostpreußen.
Kutta, Wilhelm, Prof. Dr., Stuttgart-Degerloch, Römerstr. 138 I.
Kutzbach, K., Prof., Direktor am Versuchs- und Materialprüfungsamt der Techn. Hochschule Dresden, Dresden-A. 24, Liebigstr. 22.

Lanz, Dipl.-Ing., Charlottenburg, Bismarckstr. 99.
Laudahn, Wilhelm, Marinebaurat, Berlin-Lankwitz, Meyer-Waldeckstr. 2 pt.
Leiber, J. Egwin, Direktor, Leipzig-Gohlis, Kleiststr. 8.
Lentz, Dietrich Frhr. v., Deutscher Vizekonsul, Milano (Italien), Consolato Svizzero.
Lepel, Egbert v., Ing., Berlin-Wilmersdorf, Weimarischestr. 4.
Leuschel, Franz, Marineobering., Aschersleben, Goethestr. 2.
Lewald, Th., Wirkl. Geh. Oberregierungsrat, Dr., Ministerialdirektor des Innern, Berlin W 10, Kaiserin Augustastr. 58.
Lewe, V., Dr.-Ing., Dr., Berlin NW 87, Ufenaustr. 2.
Leyensetter, Walther, Dr.-Ing., Cannstatt, Hohenstaufenstraße 3.
Linde, C. v., Geheimrat Prof. Dr. Ing., München 44, Prinz-Ludwigshöhe.
Link, Regierungsbaumeister, Rio de Janeiro, Ladeira Peixoto 5.
Linke, F., Prof. Dr., Frankfurt a. M., Mendelssohnstr. 77.
Lipfert, Alfred, Ing., Dresden-N 30, Kötzschenbrodaerstr. 76.
Listemann, Fritz, Hauptmann a. D., Berlin-Wilmersdorf, Kaiserallee 41.
Lorenzen, C., Ing., Luftschraubenbau, Berlin-Neukölln, Richardplatz 19.
Lößl, Ernst v., Dr.-Ing., München, Alexandrastr. 1 III.
Ludowici, Wilhelm, cand. ing., Berlin NW 23, Flotowstr. 11.
Lürken, M., Obering., Dessau, Ringstr. 23.
Lüttwitz, Ernst Frhr. v., Frankenhausen a. Kyffhäuser, »Frankenburg«.

Mackenthun, Walter, Hauptmann a. D., Vorstandsmitglied der Deutschen Luftreederei, Berlin W, Tiergartenstr. 22.
Madelung, E., o. Prof. Dr., Universität Kiel.
Mader, Dr.-Ing., Direktor der Forschungsanstalt Professor Junkers, Dessau, Kaiserplatz 21.
Mades, Rudolf, Dr.-Ing., Berlin-Schöneberg, Kaiser-Friedrichstr. 6 III.
Mann, Willy, Ing., Suhl-Neundorf i. Th.
Marcuse, Adolf, Prof. Dr., Charlottenburg, Dahlmannstr. 12.
Marx, Otto, Direktor der Luftverkehrs-Gesellschaft m. b. H., Berlin-Wilmersdorf, Landhausstr. 47.
Maschke, Georg, Rentier, Charlottenburg, Goethestr. 1.
Masse, Alfred, Hamburg, Mittelweg 31 I.
Maurer, Ludwig, Dipl.-Ing., Oberingenieur b. Automobil u. Aviatik A.-G., Leipzig-Gohlis, Platnerstr. 9a III.
Maybach, Karl, Direktor, Friedrichshafen am Bodensee, Zeppelinstr. 11.
Meckel, Paul A., Bankier, Berlin NW 40, In den Zelten 13.
Mederer, Robert, Direktor, Berlin-Friedenau, Goßlerstr. 10.
ter Meer, Geh. Kommerzienrat Dr., Uerdingen a. Niederrhein.
Messerschmitt, Willy, cand ing., München, Odeonsplatz 5 I.
Messter, Oskar, Berlin W 9, Leipzigerstr. 110/111.
Meyke, Torpedo-Stabs-Ing., Köln-Poll, Siegburgerstr. 186.
Meyer, Eugen, Geh. Reg.-Rat Prof. Dr., Charlottenburg, Neue Kantstr. 15.
Meyer, P., Prof., Delft (Holland), Spoorsingel 24.
Miethe, Geh. Reg.-Rat Prof. Dr., Vorstand d. Berliner Vereins f. Luftfahrt, Charlottenburg, Berlinerstr. 172.
Miller, Oskar v., Geh. Baurat Dr., Reichsrat, Direktor d. Deutschen Museums, Exzellenz, München, Ferdinand-Miller-Platz 3.
Mises, Edler v., Prof., Dr., Berlin W 30, Barbarossastr. 14.
Mitscherling, Paul, Fabrikbesitzer, Radeburg b. Dresden, Bahnhofstr. 199.
Moltrecht, W., Rittergutsbesitzer, Herrschaft Raddatz (Pommern), Kreis Neustettin.
Morell, Wilhelm, Leipzig, Apelstr. 4.
Morin, Max, Dipl.-Ing., Patentanwalt, Berlin W 57, Yorckstr. 46.
Mühle, Bruno, Madrid, Puerta del Sol, 3.
Müller, Curt, Dipl.-Ing., Zehlendorf (Wsb.), Markgrafenstr. 3.
Müller, Friedrich Karl, Berlin SW 47, Hagelbergerstr. 11 II.
Müller, Fritz, Dipl.-Ing., Deutsche Versuchsanstalt für Luftfahrt, Berlin-Halensee, Küstrinerstr. 4 III.
Müller, Richard, Geh. Marinebaurat, Berlin W 62, Wichmannstr. 23 pt. l.
Müller-Breslau, H., Geh. Reg.-Rat, Professor an der Techn. Hochschule Charlottenburg, Dr.-Ing., Berlin-Grunewald, Kurmärkerstr. 8.
Munk, Max, Dr.-Ing., Berlin NW. 87, Ufenaustr. 2.
Münzel, Anton, Ing., Berlin-Oberschöneweide, Wilhelminenhofstr. 25 III.

Naatz, Hermann, Obering., Dipl.-Ing., Bitterfeld, Kaiserstr. 58
Naumann, Exzellenz, Wirkl. Geh. Rat, Dr., Ministerialdirektor, Berlin W 8, Unter den Linden 4.
Nernst, W., Geh. Reg.-Rat, Prof. Dr., Berlin W 35, Am Karlsbad 26a.
Neuber, Frhr v. Neuberg, Dr., Charlottenburg, Kaiserdamm 99.
Neumann, Georg Paul, Major a. D., Berlin-Wilmersdorf, Trautenaustr. 11.
Niemann, Erich, Hauptmann a. D., Direktor der Mannesmann »Motoren-Gesellschaft Westhofen-Köln«, Charlottenburg, Dernburgstr. 49.
Noack, W., Dipl.-Ing. b. Brown, Boveri & Co., Baden b. Zürich (Schweiz), Hotel Waage.
Nusselt, W., o. Prof. Dr.-Ing., Techn. Hochschule, Karlsruhe (Baden).

Offermann, Erich, Ing., Charlottenburg, Berlinerstr. 157 III.
Ohmstede, Franz, Regierungsbaumeister, Dipl.-Ing., Charlottenburg, Am Lützow 6.
Oppenheimer, M. J., Fabrikbesitzer, Frankfurt a. M., Rheinstr. 29.
Oertz, Max, Dr.-Ing. h. c., Hamburg, An der Alster 84.
Oesterlen, Fritz, Prof., Dr.-Ing., Techn. Hochschule, Hannover, Callinstr. 11.
Ostwald, Walter, Chemiker, Großbothen i. Sa.

Parseval, August v., Prof. Dr., Dr.-Ing. h. c., Major z. D., Charlottenburg, Niebuhrstr. 6.
Peppler, Albert, Dr., Privatdozent, Badische Landeswetterwarte Karlsruhe (Baden).
Pfeiffer, A., Dr.-Ing., Charlottenburg, Mommsenstr. 3 III.
Platen, Horst v., Obering., Berlin-Wilmersdorf, Deidesheimerstr. 11.
Pohlhausen, Ernst, Dr., Privatdozent für Mathematik u. Mechanik a. d. Universität Rostock, Warnemünde, Blücherstr. 9.
Pohlhausen, Karl, Göttingen, Bergstr. 9.

Pohlmann, Joh., cand. ing., Charlottenburg, Am Lützow 6 III.
Polis, P. H., Prof. Dr., Aachen, Monsheimallee 62.
Popp, Friedrich, Dipl.-Ing., Charlottenburg, Brauhofstr. 3 III.
Poppe, Leopold, Kaufmann, Bergwerksdirektor, Dresden, Winkelmannstr. 2.
Prandtl, L., Prof. Dr., Dr.-Ing. e. h., Göttingen, Bergstr. 15.
Prestien, Fritz, Hauptmann a. D., Charlottenburg 5, Kuno Fischerstr. 13.
Pröll, Arthur, Prof. Dr.-Ing., Techn. Hochschule, Hannover, Welfengarten 1.
Proschwitzky, Regierungsbaumeister, Berlin N 31, Bernauerstr. 22 I.

Quittner, Viktor, Dr.-Ing., Wien I, Rudolfsplatz 10.

Rahtjen, Arnold, Dr. chem., Berlin-Wilmersdorf, Jenaerstr. 17 II.
Rasch, Ferdinand, Direktor der Zeppelin-Werke, G. m. b. H., Staaken b. Spandau.
Rau, Fritz, Obering. i. Fa. Automobil u. Aviatik A.-G., Leipzig, Kronprinzstr. 5 pt.
Rau, Karl, Obering., München, Prinzregentenstr. 48 III.
Reichel, W., Geh. Reg.-Rat, Prof. Dr.-Ing., Direktor d. Siemens-Schuckert-Werke, Berlin-Lankwitz, Beethovenstr. 14.
Reinhardt, Fr., Ing., Hennigsdorf b. Berlin, Parkstr. 2.
Reißner, H., Prof. Dr.-Ing., Berlin-Wilmersdorf, Wittelsbacherstr. 18.
Reuter, Otto, Direktor, Dipl.-Ing., Dessau, Albrechtstr. 11.
Rieben, Egon v., Dr. jur., Berlin-Grunewald, Trabenerstr. 16.
Rieppel, Paul, Prof. Dr.-Ing., Wiessee am Tegernsee.
Rinne, Albert, Dipl.-Ing., Charlottenburg, Dahlmannstr. 2.
Rohrbach, Adolf K., Dr.-Ing., Charlottenburg, Wielandstraße 18.
de le Roi, Wolfram, Major a. D., Berlin W, Kurfürstendamm 186.
Romberg, Friedrich, Geh. Reg.-Rat Prof., Berlin-Nikolassee, Teutonenstr. 20.
Rothgießer, Georg, Ing., Berlin C 19, Roßstr. 6.
Rottgardt, Karl, Dr. phil., Direktor i. Fa. Erich F. Huth, G. m. b. H., Berlin SW 48, Wilhelmstr. 130.
Roux, Max, Direktor der Firma Carl Bamberg, Berlin-Friedenau, Kaiserallee 87/88.
Rumpler, Edmund, Dr.-Ing., Generaldirektor d. Rumplerwerke, Berlin-Johannisthal, Rumpler-Werke.
Rümelin, Th., Dr.-Ing., Regierungsbaumeister a. D., München, Pienzenauerstr. 6 I.
Runge, Richard, Kaufmann, Hamburg, Gröningerstr. 14.
Ruppel, Carl, Ziviling., Charlottenburg 5, Steifensandstr. 7.

Sack, Paul, Kommerzienrat, Dr.-Ing., Leipzig-Plagwitz, Karl Heinestr. 101.
Salzer, W., Dipl.-Ing., München, Destouchesstr. 38.
Sanden, R. v., Prof. Dr., Clausthal i. H.
Seddig, Dr., Privatdozent, Buchschlag b. Frankfurt a. M.
Seefried, Amtsgerichtsrat Dr., Frankfurt a. M., Robert Mayerstr. 2.
Seehase, Dr.-Ing., Berlin SO 36, Elsenstr. 1.
Seitz, Carl, Oberstlt. a. D., Dessau, Kaiserplatz 21.
Seppeler, Arnold, Ing., Feuerbach (Württemberg), Eberhardstraße 70 II.
Seppeler, Ed., Dipl.-Ing., Neukölln, Saalestr. 38.
Serafinovicz, Oscar, Ing., Technolog, Dipl.-Ing., Berlin W 50, Geisbergstr. 2.
Siegert, Wilhelm, Oberstlt. a. D., Charlottenburg 9, Bundesallee 12.
Siegroth, Eugen W. E., Direktor, Köln, Domstr. 25.
Sierstorpff, Graf Adalbert v., Eltville a. Rh., Eltviller Aue.
Silverberg, P., Dr., Generaldirektor, Köln, Worringerstr. 18.
Simon, Aug., Th., Lederfabrikant, Kirn a. d. Nahe.
Simon, H., Prof. Dr., Oberbibliothekar der Techn. Hochschule. Charlottenburg, Berlinerstr. 171/172.
Simon, Robert Th., Kirn a. d. Nahe.
Simon, Th., Kommerzienrat, Kirn a. d. Nahe.
Soden-Fraunhofen, Frhr. v., Dipl.-Ing., Friedrichshafen a. B., Zeppelinstr. 10.
Solff, Karl, Direktor d. Ges. f. drahtl. Telegraphie, Berlin-Wilmersdorf, Kaiserallee 156.
Sommer, Robert, Ziviling., Charlottenburg, Waitzstr. 12.
Sommerfeldt, Korvettenkapitän a. D., Charlottenburg, Schlüterstr. 50.
Sonntag, Richard, Dr.-Ing., Privatdozent, Regierungsbaumeister a. D., Friedrichshagen b. Berlin, Cöpenickerstr. 25 I.
Spiegel, Julius, Dipl.-Ing., Augsburg, Holbeinstr. 12.
Süring, R., Geh. Reg.-Rat, Prof. Dr., Potsdam, Telegraphenberg.
Schaffran, Karl, Dr.-Ing., Versuchsanstalt f. Wasserbau u. Schiffbau, Berlin NW 23, Schleuseninsel i. Tiergarten.
Schapira, Dr.-Ing., Direktor d. Ges. f. drahtl. Telegraphie, Berlin SW 61, Tempelhofer Ufer 9.
Scheubel, H., stud. ing., Aachen, Rütscherstr. 40.
Schier, R., Dr., Herzogenrath, Merksteinerstr. 25.
Schiller, Ludwig, Dr., Leipzig, Linnéstr. 5.
Schilling, Prof., Dr., Bremen, Seefahrtsschule.
Schleusner, Arno, Dipl.-Ing., Lt. d. R., Stettin, Deutschestraße 9.
Schlick, Hans Carl v., Direktor d. Luft-Verkehrs-Gesellschaft, Berlin-Wilmersdorf, Hohenzollerndamm 27.
Schlink, o. Prof., Dr.-Ing., Techn. Hochschule, Braunschweig, Gaußstraße 31.
Schmidt, C., Dr.-Ing., Friedrichshafen a. B., Geigerstr. 3.
Schmidt, Curt, Sanitätsrat, Dr. med., Nervenarzt (Sanatorium), Dresden-Strehlen, Josefstr. 12b.
Schmidt, F., Exzellenz, Dr., Staatsminister, Berlin-Steglitz, Schillerstr. 7.
Schmidt, K., Prof. Dr., Halle a. S., Am Kirchtor 7.
Schmiedel, Dr.-Ing., Berlin W 62, Lutherstr. 18.
Schneider, Franz, Direktor der Franz Schneider Flugmaschinenwerke Seegefeld, Berlin-Wilmersdorf, Konstanzerstr. 7.
Schnitzler, Reinhold, Komm. Hilfsarbeiter im Reichsluftamt, Marine-Oberzahlmeister z. D., Berlin-Neukölln, Kaiser Friedrichstr. 9 IV.
Scholler, Karl, Dipl.-Ing., Charlottenburg, Königsweg 31 II, Portal 2.
Schoeller, Arthur, Hauptmann a. D., Berlin-Schöneberg, Bayer. Platz 4 II.
Schreiber, Oberreg.-Rat Prof. Dr., Dresden-N 6, Gr. Meißnerstr. 15.
Schreiner, Friedrich W., Ing., Köln-Deutz, Neuhöfferstr. 28 b. Luft.
Schroeder, Joachim v., Polizeimajor, Berlin-Halensee, Joachim Friedrichstr. 53.
Schroeder, Joseph, Oberingenieur, Dessau, Beaumontstr. 25 II.
Schrüffer, Alexander, Rechtsanwalt Dr., Dir. d. Lloyd-Luftverkehr Sablatnig G. m. b. H., Berlin-Neutempelhof, Mussehlstr. 22.
Schubart, Erich, Amtsgerichtsrat Dr., Charlottenburg, Fredericiastr. 7.
Schubert, Rudolf, Dipl.-Ing., Friedrichshagen, Seestr. 63.
Schulte-Frohlinde, H., Dipl.-Ing., Friedrichshafen a. B., Seemoos 2.
Schütte, Johann, Geh. Reg.-Rat Prof. Dr.-Ing. h. c., Zeesen b. Königswusterhausen, Schütte-Lanzstraße.
Schüttler, Paul, Direktor der Pallas-Zenith-Gesellschaft, Berlin-Charlottenburg, Wilmersdorferstr. 85.
Schwager, Otto, Dipl.-Ing., Charlottenburg, Friedbergstr. 24.
Schwarzenberger, Curt, Hauptmann a. D., Berlin-Halensee, Kurfürstendamm 94/95.
Schwerin, Edwin, Dr.-Ing., Charlottenburg, Schillerstr. 62.
Stadie, Alfons, Dipl.-Ing., Danzig-Langfuhr, Taubenweg 1.
Stahl, Friedr., Hauptmann im Reichswehrministerium, Charlottenburg 9, Württembergallee 26/27.
Stahl, Karl, Obering., Friedrichshafen a. B., Seestr. 37.
Starke, Exzellenz, Viceadmiral z. D., Breslau-Leerbeutel, Dahnstr. 31.
Steffen, Hauptmann a. D., Charlottenburg, Uhlandstr. 160.
Steigenberger, Otto, Dipl.-Ing., Dessau, Kavalierstr. 21 I.
von den Steinen, Carl, Dipl.-Ing., Marine-Baumeister, Kiel, Bartelsallee 13.
Steinitz, Otto, Dr.-Ing., Berlin S 61, Bergmannstr. 51.
Stoeckicht, Wilh., Dipl.-Ing., München, Herzog Rudolfstr. 36.
Straubel, Prof. Dr. phil. Dr. med., Geschäftsleiter d. Zeißwerke, Jena, Botzstr. 10.
Struve, Philipp, Dipl.-Ing., Kiel, Scharnhorststr. 10 I bei Ahrens.

Student, Kurt, Hauptmann, Berlin-Pankow, Florastr. 89 I.
Stumpf, Paul, Obering., Breslau, Kaiser-Wilhelmstr. 161 II.

Tempel, Heinz, Dipl.-Ing., Charlottenburg, Schillerstr. 37/38.
Tetens, Otto, Prof. Dr., Observator, Lindenberg (Kreis Beeskow), Observatorium.
Theis, Karl, Dipl.-Ing., Halberstadt, Hohenzollernstr. 19 II.
Thelen, Robert, Dipl.-Ing., Hirschgarten b. Friedrichshagen, Eschenallee 5.
Thilo, Ministerialrat, Berlin-Halensee, Halberstädterstr. 4/5.
Thoma, Dieter, Dr.-Ing., Gotha, Schöne Allee 6.
Thüna, Frhr. v., Direktor, Böblingen, Waldburgstr.
Tischbein, Willy, Direktor d. Continental-Caoutchouc und Guttapercha Comp., Hannover, Vahrenwalderstr. 100.
Trefftz, E., Dr., Prof. an der Techn. Hochschule, Aachen, Lousbergerstr. 38.
Tschudi, Georg v., Major a. D., Berlin-Schöneberg, Apostel-Paulusstraße 16.

Unger, Willy, Dipl.-Ing., Berlin O 17, Gr. Frankfurterstr. 6.
Ursinus, Oskar, Ziviling., Frankfurt a. M., Bahnhofsplatz 8.

Vogt, Richard, Dipl.-Ing., Assistent an der Techn. Hochschule Stuttgart, Schwäb. Gmünd, Nepperberg 13.
Vollbrandt, Adolf, Kaufmann, Freiberg i. Br., Bayernstr. 6.
Vorreiter, Ansbert, Ziviling., Berlin-Nikolassee, Gertrudstraße 3.
Voss, R., Generalsekretär des Bremer Vereins für Luftfahrt E. V., Bremen, Hornerstr. 78.

Wacker, Alexander, Ritter v., Dr. phil. et jur. h. c., Geh. Kommerzienrat, Schachen b. Lindau i. B.
Wagenführ, Major, Berlin W, Friedrich-Wilhelmstr. 18.
Wagner, Rud., Dr., Obering., Hamburg, Bismarckstr. 105.
Walter, M., Direktor d. Norddeutschen Lloyd, Bremen, Lothringerstr. 47.
Wankmüller, Romeo, Direktor, Berlin W 15, Kurfürstendamm 74.
Wassermann, B., Dipl.-Ing., Patentanwalt, Berlin SW 68, Alexandrinenstr. 1 b.
Weber, M., Prof., Techn. Hochschule Charlottenburg, Berlin-Nikolassee, Lückhoffstr. 19.
Wegener, Curt, Prof. Dr., Abt.-Vorstand der Abt. III der Deutschen Seewarte, Hamburg-Groß-Borstel, Warnecker Weg 15.
Weidenhagen, R., Vorsteher der Wetterwarte u. Leiter d. öffentl. Wetterdienstes, Magdeburg, Bahnhofstr. 17.
Wendt, Fritz, Dipl.-Ing., Berlin-Neukölln, Thiemannstr. 15.
Wenger, R., a. o. Prof., Direktor d. Geophysikalischen Institut d. Universität, Leipzig, Talstr. 38.
Westphal, Paul, Ing., Leiter der »Axial« Propellerfabrik, Berlin-Dahlem, Altensteinstr. 33.
Weyl, Alfred Richard, Ing., Charlottenburg 5, Kaiserdamm 4.
Wiechert, E., Geh. Reg.-Rat Prof. Dr., Göttingen, Herzberger Landstr. 180.
Wiener, Otto, Prof. Dr., Direktor d. Physik. Instituts d. Universität, Leipzig, Linnéstr. 5.
Wieselsberger, C., Dr., Dipl.-Ing., Abteilungsleiter der aerodyn. Vers.-Anstalt, Göttingen, Reinhäuser Landstr. 53.
Wigand, Albert, Prof. Dr., Halle a. S., Kohlschütterstr. 9.
Wilberg, Helmuth, Hauptmann, Berlin-Wilmersdorf, Prinzregentenstr. 84.
Willmann, Paul, Fabrikbesitzer, Berlin SW 61, Blücherstr. 12.
Wirsching, Jakob, Ing., Stuttgart-Gablenberg, Gaishämmerstr. 14.
Wischer, Herbert, Marinebaumeister, Berlin W 50, Spichernstr. 5/6.
Wolf, Heinrich, Kaufmann, Leipzig, Löhosstr. 21.
Wolff, E. B., Direktor, Dr., Amsterdam, Marinewerft.
Wolff, Ernst, Dipl.-Ing., Direktor d. Reichswerke Spandau-Lichterfelde-Ost, Bismarckstr. 7.
Wolff, Hans, Dr. phil., Adlershof, Bismarckstr. 6.
Wolff, Harald, Obering. d. Siemens-Schuckert-Werke, Charlottenburg, Niebuhrstr. 57.
Wronsky, Martin, Prokurist, Berlin-Lankwitz, Bruchwitzstr. 4.

Zahn, Hugo, Obering., Direktor der Magirus-Werke, G. m. b. H., Steglitz b. Berlin, Sedanstr. 1.
Zahn, Werner, Hauptmann a. D., Charlottenburg 9, Kaiserdamm 26 b. Esche.
Zehring, Arno, Dipl.-Kfm., Berlin W. 35, Kurfürstenstr. 46.
Zeppelin jr., Ferdinand v., Graf, Dipl.-Ing., Charlottenburg-Westend, Bundesallee 6.
Zeyßig, Hans, Dipl.-Ing., Assistent an der Versuchsanstalt für Verbrennungsmaschinen und Kraftfahrzeuge an der Techn. Hochschule Berlin, Potsdam, Viktoriastr. 62.
Zimmer-Vorhaus, Major a. D., Führer der Luftpolizei-Abt. Breslau, Breslau, Tiergartenstr. 78.
Zimmermann, H., Wirkl. Geh. Oberbaurat, Dr.-Ing., Naumburg (Saale), Weingarten 29.
Zindel, Ernst, Dipl.-Ing., Dessau, Gartenstadt Askania, Herzog Friedrich-Ring 75, b. Giese.
Zinke, Conrad, Fabrikbesitzer, Zündschnurfabrik, Meißen i. Sa.
Zoller, Johann, Oberbaurat, Leiter d. Versuchsanstalt für Kraftfahrzeuge in Wien, Wien IX/2, Severingasse 7.

c) Außerordentliche Mitglieder:

Aero-Club von Deutschland, Berlin W 35, Blumeshof 17.
Albatros-Gesellschaft für Flugzeugunternehmungen m. b. H., Berlin-Johannisthal, Flugplatz Eingang 5.
Argentinischer Verein deutscher Ingenieure, Buenos-Aires, San Martin 439.
Argus-Motoren-Gesellschaft, Berlin-Reinickendorf.
Automobil & Aviatik A.-G., Leipzig-Schönefeld.

Bayerische Motorenwerke A.-G., München 46, Schleißheimerstraße 288.
Bayerische Rumpler-Werke A.-G., Augsburg.
Bayerische Staatsbibliothek, München.
Benz & Cie., A.-G., Mannheim.
Berlin-Halberstädter Industriewerke, A.-G., Halberstadt.
Berliner Verein für Luftschiffahrt E. V., Berlin W 30, Nollendorfplatz 3.
Bezirksverein Deutscher Ingenieure, Pfalz-Saarbrücker, Saarbrücken 3. Georg Heckel.
Bremer Verein für Luftfahrt E. V., Bremen, Lloydgebäude.
Bund deutscher Flieger, Essen Ruhr, Steelerstr. 38.

Chem. Fabrik Griesheim-Elektron, Frankfurt a. M., Direktor: A. Lepsius, Frankfurt a. M.
Chemisch-Technologische Reichsanstalt, Berlin, Postamt Plötzensee.

Danziger Verein für Luftfahrt Danzig, Danzig-Langfuhr, Hermannshöferweg 5.
Deutsche Luft-Reederei, Berlin NW 7, Sommerstr. 4.
Deutscher Luftflottenverein Berlin W. 50, Marburgerstr. 9.

Flensburg Stadtgemeinde, Flensburg. Oberbürgermeister: Dr. Todsen.
Flugmaschine Rex G. m. b. H., Köln-Bickendorf.
Flugverein Münster E. V., Münster i. W., Eisenbahnstr. 9.

Germania-Flugzeugwerke G. m. b. H., Leipzig-Eutritsch.
Gesellschaft für drahtlose Telegraphie m. b. H., Berlin SW 11, Hallesches Ufer 12/13.

Hannoversche Waggonfabrik A.-G., Hannover-Linden.
Hartmann & Braun A.-G., Frankfurt a. M., West 13.
5. Hundertschaft (ehemal. Luftpolizei), Schwerin i. Mecklbg.
Huth, Erich F., G. m. b. H., Berlin SW 48, Wilhelmstr. 130.

Klemm, Hanns, Regierungsbaumeister, Sindelfingen, Bahnhofstr. 148.
Kurhessischer Verein für Luftfahrt, Sektion Marburg, Marburg i. H., Physik. Institut.

»Inag« Internationale Aerogeodätische Gesellschaft m. b. H., Berlin SW 61, Tempelhofer Ufer 19.

Luftbild G. m. b. H., Berlin NW 7, Unter den Linden 56.
Luftfahrtsektion des Kön. ung. Handelsministeriums, Budapest I, Becsikapu-tér 4.
Luftfahrzeugbau Schütte-Lanz, Mannheim-Rheinau.
Luftfahrzeugbau Schütte-Lanz, Zeesen b. Königswusterhausen

Luft-Fahrzeug-Gesellschaft m. b. H., Berlin W 62, Kleiststr. 8.
Luft-Verkehrs-Gesellschaft Arthur Müller, Berlin-Johannisthal, Groß-Berlinerdamm 102/104.

Maschinenfabrik Augsburg-Nürnberg A.-G., Augsburg.
Maybach-Motorenbau G. m. b. H., Friedrichshafen a. B.

Nationale Automobil-Gesellschaft A.-G., Berlin-Oberschöneweide.

Ölmaschinen-Laboratorium der Kgl. Norwegischen Techn. Hochschule, Trondhjem (Norwegen).
Oertzwerke m. b. H., Hamburg 14, Freihafen, Kehrwieder 2.
Österreichischer Aero-Club, Wien I, Tuchlauben 3.
Otto-Werke G. m. b. H., München, Schleißheimerstr. 141.

Polizei-Flieger-Staffel Mitteldeutschland, Halberstadt.

Sablatnig-Flugzeugbau G. m. b. H., Berlin W 9, Bellevuestr. 5a.
Sächs. Verein für Luftfahrt, Dresden, Ferdinandstr. 5 I. Schriftführer: Dr. Schulze-Garten.
Siemens & Halske A.-G., Blockwerk, Siemensstadt bei Berlin.
Società Anonima per lo Sviluppo dell'Aviazione in Italia, Mailand (Italien), Casella Postale 12—19.

Verein Deutscher Ingenieure, Berlin NW 7, Sommerstr. 4a. Vertreter: Dr. Heller.
Verein Deutscher Motorfahrzeug-Industrieller, Berlin NW 7, Unter den Linden 12/13.

Zeppelin-Werke G. m. b. H., Staaken, Staaken (Osthavelland).

II. Satzung.

Neudruck nach den Beschlüssen der VI. Ordentlichen Mitglieder-Versammlung vom 15. Oktober 1920.

I. Name und Sitz der Gesellschaft.

§ 1.

Die am 3. April 1912 gegründete Gesellschaft führt den Namen »Wissenschaftliche Gesellschaft für Luftfahrt E. V.« Sie hat ihren Sitz in Berlin und ist in das Vereinsregister des Amtsgerichtes Berlin-Mitte eingetragen unter dem Namen: »Wissenschaftliche Gesellschaft für Luftfahrt. Eingetragener Verein.«

II. Zweck der Gesellschaft.

§ 2.

Zweck der Gesellschaft ist die Förderung der Luftfahrt auf allen Gebieten der Theorie und Praxis, insbesondere durch folgende Mittel:

1. Mitgliederversammlungen und Sprechabende, an denen Vorträge gehalten und Fachangelegenheiten besprochen werden.
2. Herausgabe einer Zeitschrift, sowie von Forschungsarbeiten, Vorträgen und Besprechungen auf dem Gebiete der Luftfahrt.
3. Stellung von Preisaufgaben, Anregung von Versuchen, Veranstaltung und Unterstützung von Wettbewerben.

§ 3.

Die Gesellschaft soll Ortsgruppen bilden und mit anderen Vereinigungen, die verwandte Bestrebungen verfolgen, zusammenarbeiten.

Sie kann zur Bearbeitung wichtiger Fragen Sonderausschüsse einsetzen.

III. Mitgliedschaft.

§ 4.

Die Gesellschaft besteht aus:

ordentlichen Mitgliedern,
außerordentlichen Mitgliedern,
Ehrenmitgliedern.

§ 5.

Ordentliche Mitglieder können nur physische Personen werden, die in Luftfahrtwissenschaft oder -praxis tätig sind, oder von denen eine Förderung dieser Gebiete zu erwarten ist; die Aufnahme muß von zwei ordentlichen Mitgliedern der Gesellschaft befürwortet werden.

Das Gesuch um Aufnahme als ordentliches Mitglied ist an den Vorstand zu richten, der über die Aufnahme entscheidet. Wird von diesem die Aufnahme abgelehnt, so ist innerhalb 14 Tagen Berufung an den Vorstandsrat (§ 17) statthaft, der endgültig entscheidet.

§ 6.

Die ordentlichen Mitglieder können an den Versammlungen der Gesellschaft mit beschließender Stimme teilnehmen und Anträge stellen sie haben das Recht, zu wählen und können gewählt werden; sie erhalten die Zeitschrift der Gesellschaft kostenlos geliefert.

§ 7.

Ordentliche Mitglieder zahlen einen Jahresbeitrag von 40 Reichsmark, der vor dem 1. Januar des Geschäftsjahres zu entrichten ist. Mitglieder, die im Laufe des Jahres eintreten, zahlen den vollen Betrag innerhalb eines Monats nach der Aufnahme. Erfolgt die Beitragszahlung nicht in der vorgeschriebenen Zeit, so wird sie durch Postauftrag oder durch Postnachnahme auf Kosten der Säumigen eingezogen.

Mitglieder, die im Auslande ihren Wohnsitz haben, zahlen den Beitrag in der Währung des betreffenden Landes, umgerechnet nach dem Stande vom 1. August 1914, mindestens jedoch den in Absatz 1 genannten Betrag.

§ 8.

Ordentliche Mitglieder können durch einmalige Zahlung von M. 1500 lebenslängliche Mitglieder werden. Diese sind von der Zahlung der Jahresbeiträge befreit.

§ 9.

Außerordentliche Mitglieder können Körperschaften, Firmen usw. werden, von denen eine Förderung der Gesellschaft zu erwarten ist; sie sind gleichfalls mit einer Stimme stimmberechtigt. Bei nicht rechtsfähigen Gesellschaften erwirbt ihr satzungsmäßiger oder besonders bestellter Vertreter die außerordentliche Mitgliedschaft.

Das Gesuch um Aufnahme als außerordentliches Mitglied ist an den Vorstand zu richten, der über die Aufnahme endgültig entscheidet.

§ 10.

Die außerordentlichen Mitglieder können an den Veranstaltungen der Gesellschaft durch einen Vertreter, der jedoch nur beratende Stimme hat, teilnehmen und auch Anträge stellen. Sie erhalten die Zeitschrift kostenlos geliefert.

§ 11.

Außerordentliche Mitglieder zahlen für das Geschäftsjahr einen Beitrag von mindestens M. 200, der gemäß § 7, Absatz 1, zu entrichten ist. Sie können durch einmalige Zahlung von M. 5000 auf 30 Jahre Mitglied werden.

Für außerordentliche Mitglieder, die ihren Sitz im Ausland haben, gelten in Bezug auf die Höhe des Beitrages gleichfalls die Vorschriften des § 7, Absatz 2.

§ 12.

Ehrenmitglieder können Personen werden, die sich um die Zwecke der Gesellschaft hervorragend verdient gemacht haben. Ihre Wahl erfolgt auf Vorschlag des Vorstandes durch die Hauptversammlung.

§ 13.

Ehrenmitglieder haben die Rechte der ordentlichen Mitglieder und gehören überzählig dem Vorstandsrat (§ 17) an. Sie sind von der Zahlung der Jahresbeiträge befreit.

§ 14.

Mitglieder können jederzeit aus der Gesellschaft austreten.[1]) Der Austritt erfolgt durch schriftliche Anzeige an den Vorstand; die Verpflichtung zur Entrichtung des laufenden Jahresbeitrages wird durch den Austritt nicht aufgehoben, jedoch erlischt damit jeder Anspruch an das Vermögen der Gesellschaft.

---

[1]) Nach Beschluß des Vorstandsrats vom 8. Januar 1921 ist der Austritt von Mitgliedern bis spätestens 30. November des laufenden Jahres anzumelden, anderenfalls der Beitrag auch noch für das nächste Jahr zu zahlen ist.

§ 15.

Mitglieder können auf Beschluß des Vorstandes und Vorstandsrates ausgeschlossen werden. Hierzu ist dreiviertel Mehrheit der anwesenden Stimmberechtigten erforderlich. Gegen einen derartigen Beschluß gibt es keine Berufung. Mit dem Ausschluß erlischt jeder Anspruch an das Vermögen der Gesellschaft.

§ 16.

Mitglieder, die trotz wiederholter Mahnung mit den Beiträgen in Verzug bleiben, können durch Beschluß des Vorstandes und Vorstandsrates von der Mitgliederliste gestrichen werden. Hiermit erlischt jeder Anspruch an das Vermögen der Gesellschaft.

IV. Vorstand und Vorstandsrat.

§ 17.

An der Spitze der Gesellschaft stehen:
der Ehrenvorsitzende,
der Vorstand,
der Vorstandsrat.

§ 18.

Der Ehrenvorsitzende wird auf Vorschlag des Vorstandes von der Hauptversammlung auf Lebenszeit gewählt.

§ 19.

Der Vorstand besteht aus drei Personen, dem Vorsitzenden und zwei stellvertretenden Vorsitzenden. Ein Vorstandsmitglied verwaltet das Schatzmeisteramt.

Der Vorsitzende kann gleichzeitig das Amt des wissenschaftlichen Leiters oder des Schatzmeisters bekleiden. Dann ist das dritte Vorstandsmitglied stellvertretender Vorsitzender.

§ 20.

Der Vorstand besorgt selbständig alle Angelegenheiten der Gesellschaft, insoweit sie nicht der Mitwirkung des Vorstandsrates oder der Mitgliederversammlung bedürfen. Er hat das Recht, zu seiner Unterstützung einen Geschäftsführer und sonstiges Personal anzustellen.

Der Vorstand regelt die Verteilung seiner Geschäfte nach eigenem Ermessen.

Urkunden, die die Gesellschaft für längere Dauer oder in finanzieller Hinsicht erheblich verpflichten, sowie Vollmachten sind jedoch von mindestens zwei Vorstandsmitgliedern zu unterzeichnen. Welche Urkunden unter diese Bestimmung fallen, entscheidet der Vorstand selbständig.

§ 21.

Der Vorstandsrat besteht aus mindestens 30, höchstens 35 Mitgliedern. Er steht dem Vorstand mit Rat und Anregung zur Seite. Seiner Mitwirkung bedarf:

1. die Entscheidung über die Aufnahme als ordentliches Mitglied, wenn sie vom Vorstand abgelehnt ist,
2. der Ausschluß von Mitgliedern und das Streichen von der Mitgliederliste,
3. die Zusammensetzung von Ausschüssen (§ 3),
4. die Wahl von Ersatzmännern für Vorstand und Vorstandsrat (§ 23).

§ 22.

Die Sitzungen des Vorstandsrates finden unter der Leitung eines Vorstandsmitgliedes statt. Der Vorstand beruft den Vorstandsrat schriftlich, so oft es die Lage der Geschäfte erfordert, mindestens aber jährlich einmal, ebenso, wenn fünf Mitglieder des Vorstandsrates es schriftlich beantragen. Die Tagesordnung ist, wenn möglich, vorher mitzuteilen. Der Vorstandsrat hat das Recht, durch Beschluß seine Tagesordnung abzuändern. Er ist beschlußfähig, wenn ein Mitglied des Vorstandes und mindestens sieben Mitglieder anwesend sind, bzw. wenn er auf eine erneute Einberufung hin mit der gleichen Tagesordnung zusammentritt. Er beschließt mit einfacher Stimmenmehrheit. Bei Stimmengleichheit entscheidet die Stimme des Vorsitzenden, bei Wahlen jedoch das Los.

§ 23.

Der Vorsitzende, die beiden stellvertretenden Vorsitzenden, sowie der Vorstandsrat werden von den stimmberechtigten Mitgliedern der Gesellschaft auf die Dauer von drei Jahren gewählt. Nach Ablauf eines jeden Geschäftsjahres scheidet das dienstälteste Drittel des Vorstandsrates aus; bei gleichem Dienstalter entscheidet das Los. Eine Wiederwahl ist zulässig.

Scheidet ein Mitglied des Vorstandes während seiner Amtsdauer aus, so müssen Vorstand und Vorstandsrat einen Ersatzmann wählen, der das Amt bis zur nächsten ordentlichen Mitgliederversammlung führt. Für den Rest der Amtsdauer des ausgeschiedenen Vorstandsmitgliedes wählt die ordentliche Mitgliederversammlung ein neues Mitglied.

Wenn die Zahl des Vorstandsrates unter 30 sinkt, oder wenn besondere Gründe vorliegen, so hat der Vorstandsrat auf Vorschlag des Vorstandes das Recht der Zuwahl, die der Bestätigung der nächsten Mitgliederversammlung unterliegt.

§ 24.

Der Geschäftsführer der Gesellschaft hat seine Tätigkeit nach den Anweisungen des Vorstandes auszuüben, muß zu allen Sitzungen des Vorstandes und Vorstandsrates zugezogen werden und hat in ihnen beratende Stimme.

§ 25.

Das Geschäftsjahr ist das Kalenderjahr.

V. Mitgliederversammlungen.

§ 26.

Die Mitgliederversammlung ist das oberste Organ der Gesellschaft; ihre Beschlüsse sind für Vorstand und Vorstandsrat bindend.

Zu den ordentlichen Mitgliederversammlungen lädt der Vorstand mindestens drei Wochen vorher schriftlich unter Mitteilung der Tagesordnung ein.

Zu außerordentlichen Mitgliederversammlungen muß der Vorstand zehn Tage vorher schriftlich einladen.

§ 27.

Die ordentliche Mitgliederversammlung soll jährlich abgehalten werden. Auf derselben haben wissenschaftliche Vorträge und Besprechungen stattzufinden. Im Besonderen unterliegen ihrer Beschlußfassung:

1. Die Entlastung des Vorstandes und Vorstandsrates (§ 24).
2. Die Wahl des Vorstandes und Vorstandsrates.
3. Die Wahl von zwei Rechnungsprüfern für das nächste Jahr.
4. Die Wahl des Ortes und der Zeit für die nächste ordentliche Mitgliederversammlung.

§ 28.

Außerordentliche Mitgliederversammlungen können vom Vorstand unter Bestimmung des Ortes anberaumt werden, wenn es die Lage der Geschäfte erfordert; eine solche Mitgliederversammlung muß innerhalb vier Wochen stattfinden, wenn mindestens 30 stimmberechtigte Mitglieder mit Angabe des Beratungsgegenstandes es schriftlich beantragen.

§ 29.

Anträge von Mitgliedern zur ordentlichen Mitgliederversammlung müssen der Geschäftsstelle mit Begründung 14 Tage und, soweit sie eine Satzungsänderung oder die Auflösung der Gesellschaft betreffen, vier Wochen vor der Versammlung durch eingeschriebenen Brief eingereicht werden.

§ 30.

Die Mitgliederversammlung beschließt, soweit nicht Änderungen der Satzung oder des Zweckes oder die Auflösung der Gesellschaft in Frage kommen, mit einfacher Stimmenmehrheit der anwesenden stimmberechtigten Mitglieder. Bei Stimmengleichheit entscheidet die Stimme des Vorsitzenden; bei Wahlen jedoch das Los.

§ 31.

Eine Abänderung der Satzung oder des Zweckes der Gesellschaft kann nur durch Mehrheitsbeschluß von drei Vierteln der in einer Mitgliederversammlung erschienenen Stimmberechtigten erfolgen.

§ 32.

Wenn nicht mindestens 20 anwesende stimmberechtigte Mitglieder namentliche Abstimmung verlangen, wird in allen Versammlungen durch Erheben der Hand abgestimmt. Wahlen erfolgen durch Stimmzettel oder durch Zuruf. Sie müssen durch Stimmzettel erfolgen, sobald der Wahl durch Zuruf auch nur von einem Mitglied widersprochen wird.

Ergibt sich bei einer Wahl nicht sofort die Mehrheit, so sind bei einem zweiten Wahlgange die beiden Kandidaten zur engeren Wahl zu bringen, für die vorher die meisten Stimmen abgegeben waren. Bei Stimmengleichheit kommen alle, welche die gleiche Stimmenzahl erhalten haben, in die engere Wahl. Wenn auch der zweite Wahlgang Stimmengleichheit ergibt, so entscheidet das Los darüber, wer nochmals in die engere Wahl zu kommen hat.

§ 33.

In allen Versammlungen führt der Geschäftsführer eine Niederschrift, die von ihm und dem Leiter der Versammlung unterzeichnet wird.

VI. Auflösung der Gesellschaft.

§ 34.

Die Auflösung der Gesellschaft muß von mindestens einem Drittel der stimmberechtigten Mitglieder beantragt werden.

Sie kann nur in einer Mitgliederversammlung durch eine Dreiviertel-Mehrheit aller stimmberechtigten Mitglieder beschlossen werden. Sind weniger als drei Viertel aller stimmberechtigten Mitglieder anwesend, so muß eine zweite Versammlung zu gleichem Zwecke einberufen werden, bei der eine Mehrheit von drei Vierteln der anwesenden stimmberechtigten Mitglieder über die Auflösung entscheidet.

§ 35.

Bei Auflösung der Gesellschaft ist auch über die Verwendung des Gesellschaftsvermögens zu beschließen; doch darf es nur zur Förderung der Luftfahrt verwendet werden.

III. Kurzer Bericht über den Verlauf der VI. Ordentlichen Mitglieder-Versammlung vom 13. bis 16. Oktober 1920.

Unter außerordentlich starker Beteiligung hielt die WGL in der Zeit vom 13. bis 16. Oktober 1920 ihre VI. Ordentliche Mitgliederversammlung in Berlin ab. Die Teilnehmerzahl überschritt diesmal 600, und die Anwesenheit von Vertretern der Staatsbehörden, technisch-wissenschaftlicher Korporationen sowie der Industrie bewies, daß der WGL von allen Seiten das Interesse entgegengebracht wird, das ihrer Bedeutung entspricht. Man sah unter den Erschienenen den Reichsverkehrsminister Exzellenz Groener, Staatssekretär Euler, Oberbürgermeister Trautmann von der National-Flugspende, Postrat Thilo vom Reichspostministerium, Vertreter des Auswärtigen Amtes, der österreichischen, der ungarischen, der chilenischen Gesandtschaft, des Finanzministeriums, der Sipo, des Reichspatentamtes, Oberbürgermeister Mitzlaff vom Deutschen Städtetag sowie Vertreter der Technischen Hochschule und sämtlicher technisch-wissenschaftlicher Vereinigungen. Es erübrigt sich zu bemerken, daß auch die Industrie außerordentlich stark vertreten war, da fast alle in Frage kommenden Persönlichkeiten der WGL als Mitglied angehören. Als vorbildlich und dankbar vom Standpunkt der Förderung unseres wissenschaftlichen Nachwuchses mußte man es begrüßen, daß die WGL in diesem Jahre auch den Studierenden an der Technischen Hochschule Gelegenheit gegeben hat, sich ohne weiteres an den Vorträgen und Veranstaltungen der Tagung zu beteiligen. Es ist zu erwarten, daß die gewonnenen Eindrücke der Ansporn für den Nachwuchs sind, an der wissenschaftlichen Förderung der Luftfahrt mitzuarbeiten.

Das Programm der diesjährigen Tagung war dank der umfassenden Vorbereitungsarbeiten des Geschäftsführers der Gesellschaft, Hauptmann a. D. Krupp, glücklich gewählt und außerordentlich umfangreich. Es umschloß einen geschäftlichen, einen wissenschaftlichen und einen gesellschaftlichen Teil, denen sich am Schluß einige sehr interessante Besichtigungen angliederten. Der besseren Übersicht halber werden im nachfolgenden die einzelnen Veranstaltungen außerhalb der Programmreihe behandelt.

Ein Begrüßungsabend am 13. Oktober vereinigte die über ganz Deutschland verstreuten Mitglieder in den Räumen des Aeroklubs von Deutschland und gab Gelegenheit zu zwanglosem Gedankenaustausch. Während der Vorträge in der Aula der Technischen Hochschule fand am 14. und 15. Oktober je ein gemeinsames Frühstück statt. Den Höhepunkt des gesellschaftlichen Teiles bildete jedoch das Festessen im großen Saal des Flugverbandhauses am Abend des 14. Oktober. Der I. Vorsitzende der Gesellschaft, Geh. Reg.-Rat Professor Dr.-Ing. Schütte, hielt die Begrüßungsansprache. Exzellenz Groener dankte im Namen des Reichsverkehrsministeriums. Major z. D. Prof. Dr. von Parseval nahm dann noch Gelegenheit, der WGL den Dank der Hochschulen für die forschende und fördernde Arbeit auszusprechen und schloß mit einem »Hoch« auf die Wissenschaft.

Der geschäftliche und der wissenschaftliche Teil der Tagung standen unter der Leitung des Geh. Reg.-Rat Schütte, der von dem 2. Vorsitzenden, Major Wagenführ, und von dem 3. Vorsitzenden und gleichzeitig dem wissenschaftlichen Leiter der »Zeitschrift für Flugtechnik und Motorluftschiffahrt«, Prof. Dr. Prandtl, bestens unterstützt wurde. Geh. Reg.-Rat Schütte erstattete den Geschäftsbericht und erwähnte zuerst die Verluste im verflossenen Geschäftsjahr, u. a. Geh. Reg.-Rat Dr. v. Böttinger, Geh.-Rat Reitz, Gen.-Lt. Exzellenz v. Nieber, Exzellenz Wirkl. Geh. Rat Prof. Dr. Emil Fischer, Dr. v. Martius, Geh.-Rat Richarz, Geh. Kommerzienrat Bayer. Der Mitgliederstand hat sich wieder in erfreulicher Art trotz der verschiedenen Abgänge erhöht. 1919 482 Mitglieder, 1920 530 Mitglieder. Auch die finanzielle Lage hat dank umfangreicher Werbearbeit eine Besserung erfahren, so daß die Gesellschaft jetzt über ein Vermögen von ca. M. 200000 verfügt gegen ca. M. 30000 im Vorjahre. Dagegen haben aber auch die Verwaltungskosten uns sonstigen notwendigen Ausgaben, der großen Preissteigerung entsprechend, eine Erhöhung erfahren. Die Gesellschaft war daher gezwungen, dem Vorbild anderer Vereinigungen zu folgen und ihre Einnahmen aus Mitgliederbeiträgen zu verbessern. Um aber einer Erhöhung des Mitgliederbeitrags aus dem Wege zu gehen, wurde ein jährlicher Teuerungszuschlag von M. 20 beschlossen, der bei Preissenkung wieder abgebaut werden kann. Die geänderten Satzungen, die im Entwurf den Mitgliedern zugegangen sind, wurden ohne wesentliche Änderungen angenommen.

Ingenieur C. Eppinger sprach dann über die von der Geschäftsstelle veranlaßte Errichtung eines Archivs für die Mitglieder der WGL sowie die Schaffung der »Deutschen Luftfahrtbücherei«. In letzterer ist die Gesellschaft in der Leitung vertreten und beabsichtigt, den Zettelkatalog den Mitgliedern in weitestem Maße als literarische Auskunftsstelle nutzbar zu machen.

Hauptmann a. D. Krupp berichtete dann über die Ausgestaltung der ZFM, der die Luftfahrtrundschau angegliedert wurde. Zur Zeitschrift werden Beihefte herausgegeben, welche längere Abhandlungen enthalten, die für den Rahmen der Zeitschrift zu umfangreich sind. Das 1. Beiheft ist an Stelle des Jahrbuches erschienen. Mitglieder erhalten die Beihefte zum Vorzugspreis.

Professor Pröll erstattete den Ausschußbericht über die »Denkschrift Bader betr. Hochschulreform«. Die Errichtung eines oder zweier Lehrstühle für Flugtechnik in Deutschland soll erreicht werden.

Der Navigationsausschuß wurde neu gebildet. Prof. Berson als Vorsitzender, als Mitglieder Geh.-Rat Kohlschütter, Kapitän Boykow, Kapitänlt. a. D. Friedensburg, Hauptmann a. D. Krupp.

Die Ortsgruppenbildung stößt auf Schwierigkeiten, da die Mitglieder zu verstreut sind. In Frage kommen neben Berlin wohl nur noch Hannover und München.

Der wissenschaftliche Teil der Tagung brachte wie immer sehr interessante Vorträge, die durch Lichtbilder, Film und praktische Vorführungen erläutert wurden.

Major v. Tschudi gab einen »Bericht über die Erfüllung des Friedensvertrages, soweit er die deutsche Luftfahrt betrifft.« Die kurz gehaltenen Ausführungen gipfelten darin, daß bei loyalster Erfüllung des Versailler Vertrages von deutscher Seite alles daran gesetzt wurde, Milderungen im Interesse des Fortbestehens unserer Luftfahrt zu erzielen. Die wertvollste Mitteilung war die, daß der größte Teil der interalliierten Luftfahrt-Überwachungskommission beabsichtigt, Deutschland in absehbarer Zeit zu verlassen. Damit rückt hoffentlich auch der Zeitpunkt in greifbare Nähe, von welchem sich unsere Luftfahrtindustrie wieder betätigen darf.

Über »Aerologische und luftelektrische Flüge und ihre Bedeutung für die Luftfahrt« sprach Professor Dr. A. Wigand. Er schilderte die Verwendung des Flugzeuges als neues aerologisches und luftelektrisches Forschungsmittel und die Vorteile, die der Luftfahrt aus solchen,

der Förderung der Luftmeerkunde beim wissenschaftlichen Fluge dienenden Untersuchungen erwachsen. Durch die bisherigen Untersuchungen sind die Störungen aerologischer Messungen im Flugzeuge studiert und beseitigt worden, so daß man jetzt den meteorologischen Zustand der freien Atmosphäre bis in große Höhen hinauf im Flugzeuge einwandfrei registrieren kann. Damit hat man für Flugzeuge und Luftschiffe die Möglichkeit einer exakten Bewertung der Flugleistungen sowie die bessere Ausnutzung der Eigenschaften der Atmosphäre gewonnen. Mit Erfolg wurden luftelektrische Flüge zunächst zur Untersuchung der atmosphärischen Ionisation bis 5,2 km Höhe unternommen. Sie sollen nun auf das Studium der anderen luftelektrischen Elemente ausgedehnt werden. Die praktische Bedeutung der Versuche für den Luftfahrer liegt vor allem in der Aufklärung der für Luftschiff und Fesselballon bestehenden elektrischen Gefahren, besonders bei Gewitterlage, und ferner in der Lösung von Fragen, die für die Funkentelegraphie von höchster Bedeutung sind. Ein Appell an die zur Förderung solcher Arbeiten berufenen deutschen Behörden und Industriellen schloß die interessanten Ausführungen.

»Die neuesten Fortschritte auf dem Gebiete der drahtlosen Telegraphie und Telephonie mit besonderer Berücksichtigung von Überseeverbindungen« war das Thema, über welches Major a. D. Solff, Direktor in den Gesellschaften Telefunken und Transradio, sprach. Besonders berücksichtigte der Vortragende dabei die Vorteile, welche die letzten Errungenschaften auf diesem Gebiete der Luftfahrt gebracht haben. Den letzten Anstoß zum Übergang von den »gedämpften Schwingungen durch tönende Löschfunkensender« zu den »ungedämpften Schwingungen vermittelst Bogenlampen, Hochfrequenzmaschinen und Kathodenröhre« haben die Erfahrungen des Krieges gegeben. Die hauptsächlichsten Vorteile sind:

1. Verringerung der gegenseitigen Störungen drahtloser Stationen.
2. Vergrößerung der Empfindlichkeit und der Abstimmungsschärfe der Empfänger und ihres Wirkungsgrades.
3. Vergrößerung des Nutzeffektes der Sender, ihres Wellenbereiches und des Strahlungseffektes der Antennen.
4. Ermöglichung des maschinellen Schnellsendens, des automatischen Duplex-Schnellempfangs und der drahtlosen Telephonie.

Die Luftfahrt hat besondere Vorteile von diesen Errungenschaften durch Verbindung von fahrenden Luftfahrzeugen untereinander und mit dem Erdboden. An Stelle der früheren Antennen aus lang herabhängenden Drähten tritt jetzt die Rahmenantenne, die infolge von »Richtwirkung« auch zum Anpeilen benutzt werden kann und dadurch zur Erleichterung der Navigation und Orientierung direkt beiträgt. Der Ausbau des Reichsfunknetzes bietet der Luftfahrt Vorteile in bezug auf Wetter- und Zeitsignaldienst. Der Redner sprach dann noch im allgemeinen von der Wichtigkeit der Überseeverbindungen und gab dann an Hand von Lichtbildskizzen eine Übersicht über die augenblicklich bestehenden und noch im Bau befindlichen Großstationen. Damit gewann man einen Eindruck von dem überwältigenden Fortschritt, welchen die neu eröffnete Großstation Nauen mit ihrer durch die neuen Hochfrequenzmaschinen erweiterten Reichweite bedeutet.

Es folgte dann der Vortrag des Direktors Ingenieur Drexler über »Neuzeitliche Bordgeräte zur Flugorientierung«. Die »Navigation« wird für den Flugzeugführer als unbedingte Vorkenntnis zum Fliegen hingestellt, und dazu gehört für ihn die genauere Kenntnis der Orientierungsgeräte und ihre richtige Benutzung. Was von den Schwierigkeiten der Navigation eines Schiffes zu sagen ist, gilt auch, sogar in verstärktem Maße, von Luftfahrzeugen; denn die Luft ist meistens ein viel tückischeres Element als das Wasser. Außerdem hat der Flugzeugführer in der Luft drei Dimensionen zu meistern. Die zurzeit verwendeten Bordgeräte entsprechen noch nicht allen Ansprüchen. Die Instrumente der Zukunft müssen so beschaffen sein, daß durch ihren Einbau der Führer in der Lage ist, sich vollständig unabhängig von der Wetterlage, ganz gleich, ob Nebel- oder Wolkenflug oder entzogene Erdschicht, zu orientieren. Erst dadurch wird ihm die Sicherheit in der Führung gewährleistet, die man von ihm als Leiter eines Verkehrsmittels verlangen muß. Das Ausland hat schon mit Bezug auf Bordgeräte gewisse Sicherheiten geschaffen. So müssen z. B. in England bei jedem startenden Luftfahrzeug von einem staatlich angestellten Überwachungsingenieur die Instrumente vorher auf ihre Zuverlässigkeit untersucht werden. Die neu zu schaffenden Instrumente teilte der Redner in drei Hauptgruppen ein: Erdkraft-, Luftkraft- und Eigenkraftgeräte. Geringes Gewicht, kleinste Raumbeanspruchung, leichteste Ablesung und Handhabung der Geräte, womöglich ohne jede Bedienung und Sondermanipulation, müssen die Hauptrolle spielen. Bei der Konstruktion ist die große Geschwindigkeit der Luftfahrzeuge, die damit zusammenhängenden, sehr erheblichen Fahrt- und Zentrifugalbeschleunigungs- und Verzögerungseinflüsse und die sehr geringe Orientierungszeit des Flugzeugführers zu berücksichtigen. Die Instrumente müssen den Flieger über die Lage seine Flugzeuges im Raume bzw. hinsichtlich der Erde, seines Flugrichtung, seine Fluggeschwindigkeit und seine Flughöhe informieren. Auch muß er durch Ablesen die Lage der drei Hauptachsen seines Flugzeuges, also der Längenachse, der Querachse und der Hochachse im Raume feststellen können. Der Redner führte dann einige moderne Bordgeräte vor und erläuterte dieselben hinsichtlich ihrer Leistungsfähigkeit. Zum Schluß wurde noch die Verwendung des Kreiselprinzips für Bordgeräte geschildert. Die Zukunftsinstrumente müssen so beschaffen sein, daß sie unmittelbar auf die Steuerung des Fahrzeuges einwirken.

Einen Beitrag zur Segelflugfrage gab Dipl.-Ing. Klemperer in seinem Bericht »Über den Gleit- und Segelflug-Wettbewerb in der Rhön«. In der Erkenntnis, die im letzten Jahre wieder öfters aufgetauchte Frage des motorlosen Segelfluges weiter zu klären und die Anhänger des Segelflugsportes zu wetteifernder sportlicher Betätigung und damit zusammenhängendem Gedankenaustausch zu veranlassen, veranstaltete der Verband Deutscher Modell- und Gleitflugvereine in der Zeit vom 15. Juni bis 31. Juli 1920 einen Wettbewerb in der Rhön. Dies Gelände wurde mit Rücksicht auf die besondere Eigenart der Flugübungen im motorlosen Flugzeug gewählt. Die ca. 1000 m hohe Wasserkuppe der Rhön ist mit ihren bemoosten waldlosen Hängen verschiedener Neigung und dem nach fast allen Windrichtungen guten Start- und Landungsgelände hierzu wie geschaffen. Der Verlauf des Wettbewerbes ist aus den Fachzeitschriften schon bekannt. Es war aber interessant, jemand zu hören, der aus seinem Erleben den Zuhörern das Bild dieses eigenartigen Wettbewerbes entrollte und die unverdrossene Hingabe und Begeisterung der sportlichen Jugend schilderte. Der Redner ging dann näher auf die einzelnen verwendeten Flugmaschinen ein. Viele entsprachen nicht den Anforderungen, die man an sie auf Grund des heutigen Standes der Technik stellen mußte. Aber gerade diese auszumerzen und vor technisch unvollkommenen Improvisationen zu warnen, entsprach dem Sinne der Veranstaltung. Für den Gleitflugzeugbau gelten in potenzierter Form auch die Leitsätze des Motorflugzeugbaues: geringstes Gewicht, größtmöglichste Materialausnutzung, Vermeidung nichttragenden Widerstandes und Rücksicht auf gute Flugeigenschaft. Den Anforderungen am nächsten kam der Apparat der Flugwissenschaftlichen Vereinigung Aachen, der in seiner Konstruktion eingehend geschildert wurde. Er ging auch als Sieger aus dem Wettbewerb hervor. Der ganze Verlauf der Veranstaltung berechtigt zu der Hoffnung, daß sie nur der Vorläufer großzügig vorbereiteter Veranstaltungen für das nächste Jahr und möglicherweise für eine dauernde Einrichtung der Zukunft ist.

Im Anschluß hieran gab der I. Vorsitzende bekannt, daß von der WGL eine Kommission gebildet wurde, die in Verbindung mit dem Verband Deutscher Modell- und Gleitflugvereine die Vorarbeiten für den nächsten Rhön-Wettbewerb aufgenommen hat.

Es folgte der Vortrag des Majors z. D. Prof. Dr.-Ing. v. Parseval »Über Wirbelbildung an Tragflächen«. Die an den Enden der Tragflächen eines Flugzeuges nachschleppenden Wirbel treten stets paarweise und gegenläufig auf. Bei ihrer Untersuchung zeigt sich, daß sie langsam nach unten abtreiben und sich durch Einsaugen von hinten her stark vergrößern, wobei auch die den Wirbel umgebende Luft sich der Drehung anschließt. Dabei nimmt der Energieinhalt erheblich ab. Die auf die reibungslose Flüssigkeit sich be-

ziehende Helmholtzsche Anschauung, nach welcher der Wirbel eine stationäre Erscheinung ist und nicht in der freien Flüssigkeit enden kann, ist für die wirkliche Flüssigkeit dahin zu berichtigen, daß der Wirbel allerdings in der freien Flüssigkeit endet, aber auch dafür einer baldigen Auflösung verfällt. Der Wirbel ist der Auflösungsprozeß der Energie, welche in der Hauptsache in Form fortschreitender Bewegung durch die Fläche in die Luft gelegt wird. Im Wirbel wird diese Energie in drehende Bewegung und demnächst durch innere Reibung in der Luft in Wärme verwandelt. Der direkte Einfluß des Wirbels auf die Tragfläche ist eine unbedeutende Vergrößerung des Widerstandes.

Dipl.-Ing. Rohrbach sprach dann über die »Beziehungen zwischen der Betriebssicherheit der Flugzeuge und der Bauart ihrer Kraftanlagen«. Die bisher im Luftverkehr beobachteten Erfahrungswerte für die Häufigkeit der verschiedenen Betriebsstörungen von Motoranlagen sind als Grundlage für Ermittelungen über die Betriebssicherheit solcher Anlagen angenommen. Der rechnerische Vergleich verschiedener ein- und mehrmotoriger Flugzeugkraftanlagen, der durch entsprechende Kurven dargestellt wurde, ergab sehr bedeutende Unterschiede zwischen den untersuchten Anlagen. Die bisherigen praktischen Erfahrungen, welche die Überlegenheit von gewarteten Motoren ergeben hatten, wurden durch das rechnerisch ermittelte Resultat voll und ganz bestätigt. So zeigt sich, in welch hohem Maße die Kosten der Instandhaltung und Erneuerung der Flugzeuge von der Wahl mehr oder weniger günstiger Anordnungen der Motorenanlagen abhängen.

Zum Schluß sprach noch Oberstabsarzt a. D. Dr. med. et phil. Koschel über »Untersuchungen über geistige Leistungen beim Aufenthalt in verdünnter Luft«. Die früheren Untersuchungen im Flugzeug oder im Luftschiff können keine einwandfreien Resultate ergeben. Der menschliche Organismus wird an und für sich beim Fliegen durch äußere Eindrücke beeinflußt, wie z. B. Aufregung, Ängstlichkeit, Schwindelanfälle usw. Dr. Koschel hat, um ganz einwandfreie Resultate zu erzielen, seine Versuche in der pneumatischen Kammer gemacht, in welcher die Luft entsprechend den Höhenlagen verdünnt wurde. Hier versuchte er nun die verschiedensten Aufgaben, die sehr sorgfältig ausgesucht wurden und Anforderungen an die Gehirntätigkeit und die mechanische Übertragung stellten, zu lösen. Die Resultate wurden genau registriert und zeigten einwandfrei, daß Störungen im Organismus, die sog. Höhenkrankheit, bei normalen Menschen erst von ca. 6500 m beginnen. Hier treten dann Gedankenmüdigkeit, Schlaf und Bewußtlosigkeit auf, und sind diese Erscheinungen teilweise auch mit empfindlichen Schmerzen verbunden. Bei dem Übergang in niedrige Luftschichten kamen die störenden Erscheinungen wieder in Fortfall.

Mit diesem Vortrag war der wissenschaftliche Teil der Tagung erschöpft. Am Nachmittag desselben Tages wurden die Anlagen der Projektions-Film-Aktiengesellschaft Union in Tempelhof einer Besichtigung unterzogen. Die Teilnehmer konnten hier noch die Kulissen für die Aufnahmen der Filme »Anna Boleyn« und »Sumurun« bewundern. Auch der Werdegang eines Films wurde durch die Führer erläutert.

Am Sonnabend, dem letzten Tag der Tagung, wurden noch die Zeppelin-Werke in Staaken und die Großfunkstation in Nauen besichtigt. In Staaken kamen die verheerenden Wirkungen des Versailler Vertrages in erschreckender Deutlichkeit zum Bewußtsein. Die einst blühenden Werkstätten, in denen über 3000 Arbeiter ihr Brot fanden, bieten heute ein trostloses Bild, und nur 200 Menschen können mit den verschiedensten Notstandsarbeiten noch notdürftig beschäftigt werden. Über die Hallen selbst, einem Wunderwerk deutscher Technik, schwebt das Damoklesschwert der Vernichtung.

Einen Gegensatz zu Staaken bietet das Bild der Großfunkstation Nauen. Durch die sehr gute Führung, die von seiten der Direktion zur Verfügung gestellt war, war es den Beteiligten möglich, sich ein klares Bild über das Wesen einer modernen Großsendestation zu machen.

Die Vorträge in der Aula der Technischen Hochschule, an welche sich jedesmal eine sehr anregende Aussprache schloß, sowie die Besichtigungen haben den Teilnehmern der VI. Ordentlichen Mitgliederversammlung der WGL eine Fülle von wertvollen Eindrücken und Anregungen gegeben, deren Bedeutung durch die Umwertung in Forschungsarbeiten für die Allgemeinheit und für den Wiederaufbau unserer zerstörten Industrie nicht hoch genug eingeschätzt werden kann.

IV. Ansprachen.

A.

Begrüßung der Mitglieder

in der Technischen Hochschule von Charlottenburg durch den Vorsitzenden Geh. Reg.-Rat Professor Dr.-Ing. Schütte: Hochverehrte Anwesende! Ich eröffne die VI. Ordentliche Hauptversammlung der Wissenschaftlichen Gesellschaft für Luftfahrt und heiße Sie herzlichst willkommen. Seit dem Bestehen unserer Gesellschaft ist es das erste Mal, daß sie gleich ihrer bedeutend älteren Schwestergesellschaft, der Schiffbautechnischen, hier in diesem Hause, welches sich so große Verdienste um die Entwicklung der deutschen Technik erworben hat, tagt. Ich möchte an die erste Tagung in diesem Hause den Wunsch knüpfen, daß die Wissenschaftliche Gesellschaft für Luftfahrt sich in gleich vollkommener Weise entwickle, wie es die Schiffbautechnische Gesellschaft im Laufe der verflossenen 20 Jahre bereits getan hat. Die besten Anläufe dazu sind vorhanden, denn noch nie waren die Einschreibungen für die Tagung so zahlreich wie zu der heutigen VI. Versammlung, zu der sich über 600 Mitglieder und Gäste angemeldet haben.

Insbesondere danke ich den Vertretern der hohen und höchsten Staatsbehörden, daß sie uns ihre kostbare Zeit widmen. Ich weiß es wohl zu würdigen, wie schwer es ihnen bei der großen Arbeitslast geworden sein mag, hier zu erscheinen.

Ferner danke ich von ganzem Herzen der Industrie, den Vertretern der befreundeten Vereine, der Presse und allen übrigen, die von weit und breit herbeigeeilt sind, um einige anregende Stunden mit uns zu verleben.

Allgemeinem Wunsche folgend, ist eine kleine Änderung in der Vortragsreihe eingetreten. Herr Major von Tschudi wird als erster Redner den Reigen eröffnen. Ich darf ergebenst darum bitten, da dieser Vortrag den so oft besprochenen und uns allen so nahe gehenden Friedensvertrag betrifft, über denselben möglichst wenig zu veröffentlichen, ebenfalls nicht über die anschließende Diskussion, weil man nicht weiß, welche Feinde wiederum im Hintergrunde lauern. Es würde, falls dies nicht geschähe, die offene Aussprache wesentlich beeinträchtigt werden. Aber auch bezüglich der anderen Vorträge bitte ich darauf hinweisen zu dürfen, daß sie nur auszugsweise gebracht werden können, weil ein Vertrag mit dem Verlage Oldenbourg besteht, nach dem nur dieser die Vorträge vollständig zu bringen berechtigt ist.

Nach dieser kleinen Abschweifung wollen Sie mir weiter gestatten, die hier erschienenen Damen auf das herzlichste zu begrüßen. Ich erblicke in ihrem Erscheinen ein gutes Omen für das weitere glückliche Gedeihen unserer Wissenschaftlichen Gesellschaft für Luftfahrt. Sei es nun, daß Sie, meine hochverehrten Damen, hier erschienen sind, weil Sie infolge der Verleihung des allgemeinen gleichen Wahlrechts uns Männern auch im öffentlichen Leben gleichberechtigt gegenüber stehen wollen, sei es, daß Sie einem inneren Zuge Ihres Herzens zur Luftfahrt und ihren Jüngern gefolgt sind, jedenfalls sind Sie uns herzlichst willkommen!

Meine verehrten Damen und Herren! Altem Brauche folgend, möchte ich Sie bitten, mir zu gestatten, an unseren hochverehrten Ehrenvorsitzenden, Seine Königliche Hoheit den Prinzen Heinrich von Preußen, das nachfolgende Telegramm abzusenden:

»Euerer Königlichen Hoheit sendet die von über 400 Teilnehmern in der Aula der Technischen Hochschule besuchte sechste Ordentliche Mitgliederversammlung in treuem Gedenken ehrerbietigste Grüße.

Wissenschaftliche Gesellschaft für Luftfahrt.
Der Vorstand.«

Es erhebt sich kein Widerspruch; ich darf also annehmen, daß Sie mit diesem Telegramme einverstanden sind.

Zum Schluß möchte ich nicht verfehlen, der Eisenbahndirektion meinen verbindlichsten Dank dafür auszusprechen, daß sie trotz der bekannten überaus großen Belastung doch den Extrazug nach Staaken-Nauen hat stellen können, dessen Fahrplan Ihnen bekanntgegeben wird. Ich darf um zahlreiche Benutzung bitten.

Das Wort erteile ich nunmehr Herrn Major von Tschudi zu seinem Vortrag.

B.

Reden beim gemeinsamen Abendessen

im großen Saale des Flugverbandshauses.

Herr Geh. Reg.-Rat Professor Dr.-Ing. Schütte: Es gereicht mir zur besonderen Ehre und es ist mir eine große Freude, Sie, meine hochverehrten Damen und Herren, heute hier bei dem Festessen der VI. Ordentlichen Hauptversammlung der Wissenschaftlichen Gesellschaft für Luftfahrt in so großer Zahl begrüßen zu dürfen.

Mein erstes Willkommen gilt den Damen. Es ist das erste Mal, daß Sie, meine hochverehrten Damen, bei einer solchen Gelegenheit unter uns weilen. Ich halte Ihre Teilnahme, wie ich mir bereits bei einer anderen Gelegenheit auszuführen erlaubte, für ein gutes Omen für die weitere Entwicklung unserer Ziele und Bestrebungen, also für ein ausnahmsweise erfreuliches Zeichen der Zeit.

Es freut mich außerdem ganz besonders, daß auch die hohen und höchsten Staatsbehörden Gelegenheit genommen haben, an unserem Feste teilzunehmen. Begrüßen darf ich Seine Exzellenz den Herrn Verkehrsminister, General Groener, den Herrn Staatssekretär des Reichsluftamtes Euler, Herrn Oberbürgermeister Dr. Trautmann, der von Frankfurt a. Oder zu uns gekommen ist — vielleicht mit einem Scheck der Nationalflugspende — (Heiterkeit), Seine Magnifizenz den Herrn Rektor der Technischen Hochschule Geh. Reg.-Rat Professor Dr. Pschorr, der die große Güte hatte, uns in dem Hause, dem er zurzeit vorsteht, Gastfreundschaft zu gewähren, die Herren Vertreter des Reichspost- und Reichsfinanzministeriums, der Industrie, der militärischen, kommunalen und anderen Behörden. Sollte ich jemanden, der eigentlich altem Brauche gemäß genannt werden müßte, vergessen haben, weil sich die Liste der Teilnehmer noch bis kurz vor Beginn dieses Festes fortgesetzt änderte, so möge er mir dieses Vergessen verzeihen. Es geschah sicher nicht in böser Absicht.

Meine sehr geehrten Damen und Herren! Der heutige Zustand des Deutschen Reiches kommt mir vor wie der eines guten, aus bestem Material hergestellten Flugzeuges, das sehr schlecht verspannt ist und infolgedessen innere, unkontrollierbare Kräfte enthält, die selbst dem besten Flugzeugführer Schwierigkeiten machen. Ich bin überzeugt, daß sich diese inneren Kräfte im Laufe der Zeit ausgleichen, und daß sich mit diesem Ausgleich auch gute Flugeigenschaften einstellen werden. Wir müssen die Uneinigkeit unter uns bannen und zur Ehre und zum Andenken unserer gefallenen Kameraden uns alle nur von dem einen Gedanken leiten lassen, wie können wir unser geliebtes deutsches Vaterland wieder zu Macht und Ansehen bringen.

Auf meinen vielen Reisen in der letzten Zeit, insbesondere auf meiner unlängst beendeten nach Amerika, habe ich Zeit und Muße gefunden, eine Reihe von Büchern durchzulesen, in denen führende deutsche Männer der Vorkriegszeit und der

Kriegszeit ihre Erinnerungen niedergeschrieben haben. Ich bin der letzte, der sich anmaßt, an diesen Niederschriften Kritik zu üben; ich wäre als Nichtfachmann hierzu auch gar nicht fähig. Ich glaube aber doch zu meinem lebhaften Bedauern und mit schmerzlichem Empfinden aus diesen Büchern feststellen zu müssen, wie zur Zeit größter deutscher Not, also zu einer Zeit, wo es sich um Deutschlands Existenz, um Sein oder Nichtsein handelte, nicht immer die unbedingt erforderliche und gebotene Einmütigkeit unter den leitenden Stellen geherrscht hat. Meine Damen und Herren, eine solche Uneinigkeit gleicht der von mir vorher erwähnten schlechten Verspannung. Wenn ich nun von diesen einzelnen Stellen der Vergangenheit auf die Allgemeinheit des deutschen Volkes in der Gegenwart schließe, so komme ich zu der für mich höchst betrübenden Ansicht, daß es noch schlimmer geworden ist als es war. — Einer gegen alle, alle gegen einen!

Sie werden mit mir darin übereinstimmen, daß das unter allen Umständen anders werden muß, soll das Flugzeug wieder sonnigeren Höhen zustreben können. Wir brauchen nicht zu verzweifeln, denn ein großes starkes Volk verzweifelt nie. Wir werden und müssen diese Schwierigkeiten überwinden, denn Deutschland hat schwerere Zeiten, oder mindestens ebenso schwere Zeiten hinter sich gebracht. Ich erinnere nur an den Dreißigjährigen Krieg 1618—1648, an die Zeit 1806/1807 bis 1812. Auch diese Zeiten hat Deutschland überwunden. Ob wir Älteren und Alten es noch erleben werden, daß Deutschland die alte Machtstellung unter den Völkern der Welt wieder einnimmt, wage ich zu bezweifeln. Aber wir Älteren und Alten, die wir hier unter den Jüngeren sitzen, sollten uns verpflichtet fühlen, alles zu tun, damit Deutschlands Jugend einer Zukunft entgegengeht und entgegengehen kann, die glücklicher ist als die traurige Gegenwart. Auf Deutschlands Jugend ruht unsere Hoffnung und unsere Zukunft.

Unlängst fiel mir folgender Vers in die Hände:

Deutschlands Jugend, unsere Zukunft, unsere Hoffnung, unsere Kraft,
Fest die Hand, das Auge offen, los die Seele jeder Haft,
Größte Tat gilt's zu vollbringen, daß uns Knechtschaft nicht entweih',
Laßt uns leben, laßt uns sterben, deutsch und frei!

Ja, meine Damen und Herren, deutsch und frei wollen wir wieder werden. Deutsch in unserem Empfinden, deutsch in unserem Denken, deutsch in unserer Vaterlandsliebe, ohne Hurra-Patriotismus, aber deutsch wollen wir sein bis ins Mark, denn nur so können wir wieder werden. Und diesen Wunsch und die Hoffnung für unsere Jugend, daß Deutschland einem ausgezeichneten, starken Flugzeug gleich sonnigeren Höhen wieder zustreben kann, diese Hoffnung wollen wir erstarken lassen in dem Ruf: Unser über alles geliebtes deutsches Vaterland, es lebe hoch!

Seine Exzellenz der Herr Reichsverkehrsminister Gröner: Meine sehr verehrten Damen und Herren! Im Namen der Gäste danke ich verbindlichst für die gütigen Worte der Begrüßung seitens Ihres Herrn Vorsitzenden. Ich darf wohl sagen, daß wir dem Rufe, den heutigen Abend in Ihrem Kreise zu verbringen, mit größter Freude gefolgt sind; denn, meine Damen und Herren, was könnte es in heutiger Zeit Schöneres geben, als in einem Kreise gleichgesinnter Menschen zusammenzukommen, um das Band der Gemeinsamkeit, der gemeinsamen Taten, der gemeinsamen Hoffnungen, neu um uns zu schlingen! Ich im besonderen begrüße es, daß es mir in meiner Stellung als Reichsverkehrsminister vergönnt ist, als Erster in dieser Stellung der heutigen Versammlung beizuwohnen.

Ich darf wohl sagen, daß die Worte des Herrn Vorsitzenden einen ganz besonderen Widerhall in meinem Herzen gefunden haben, und daß ich mit Ihrem Herrn Vorsitzenden überzeugt bin, daß wir aus der Periode der Erniedrigung, aus der Periode des Chaos, aus der Periode der wirtschaflichen Krise wieder emporkommen werden, wenn wir nur eines in uns haben und von einem uns tragen lassen: das ist der Wille zur Gemeinsamkeit, der Wille zur Tat, der Wille, auf ein fernes, hohes Ziel hinzustreben, selbstlos und treu.

Meine sehr verehrten Damen und Herren, gestatten Sie mir, über das jüngste Kind des Verkehrswesens, das ja meiner Fürsorge mit anvertraut ist, einige Worte rückblickend zu sagen. Denken Sie an die Jahre vor dem Kriege. Ich war in jenen Wochen, als der alte selige Zeppelin seine ersten Versuche über dem Bodensee machte, mehrfach dorthin gereist, um mir diese neue Erfindung anzusehen. Ich brauche nicht zu wiederholen, welches Geschick der Zeppelinschen Erfindung vor dem Kriege beschieden war, und wie schwer er wie alle anderen auf dem Gebiete der Luftfahrt um Anerkennung ringen mußte. Ich erinnere Sie an die schweren Zeiten, die das Flugzeug in seiner Entwicklung, in seiner ersten Kinderentwicklung vor dem Kriege durchgemacht hat. Meine Damen und Herren! Wenn wir an jene Zeiten denken, so müssen wir auch gestehen, daß wir nicht in dem erwünschten Maße vorwärts gestrebt haben zu hohen und weiten Zielen.

Ich führe Sie auf die Gefilde Nordfrankreichs. Als das deutsche Heer, in stürmischem Siegeslauf begriffen, der Marne zueilte, das war der Moment, wo die Luftschiffe, wo die Flugzeuge in überwältigender Zahl über die Gefilde Nordfrankreichs bis tief zur Loire hinunter fliegen mußten, aufklären mußten, feststellen mußten, was der Gegner tat, feststellen mußten, daß die Armee Manoury sich um Paris sammelte, feststellen mußten, daß die Franzosen den Rückzug aufgegeben hatten und sich bereit machten zum Angriff. Alles das, meine Damen und Herren, ist nicht geschehen. Der Ausgang der Marneschlacht ist bekannt. Ich habe mir erlaubt, diesen kurzen Rückblick zu geben, um Ihnen vor Augen zu führen, wie notwendig es ist, auf weite Ziele sich einzustellen und in unermüdlichem, gemeinsamen Streben diese weiten Ziele im Auge zu behalten, gleichgültig, ob nun in der Gegenwart es ersprießlich erscheint, so hohe Ziele zu haben. Niemand von uns kann wissen, was die Zukunft bringt, niemand von uns wußte damals, daß die Marneschlacht kam, ausgenommen der alte Schlieffen, der ja aber außer Diensten war.

Meine Damen und Herren! Wir wollen die Vergangenheit uns Lehren geben lassen für die Zukunft, und ich sehe in Ihrer Versammlung heute Abend ein vortreffliches Omen für die Zukunft, für die Zukunft der Luftfahrt. Der Frieden von Versailles hat der Luftfahrt anscheinend den Garaus gemacht. So sieht es aus, und doch, meine Damen und Herren, keinen Deutschen darf es geben, dem irgend etwas, was unsere Feinde über uns beschließen, den Garaus machen darf. Wir dürfen uns nicht unterkriegen lassen, wir müssen unsere Herzen und Sinne zusammennehmen, nicht mit einem falschen illusionistischen Optimismus, sondern in dem zähen Willen, hinauszukommen aus der Tiefe der heutigen Zeit.

Ich habe zu danken der Industrie, die in opferfreudigem Sinne und mit einer bewunderungswürdigen Energie darangegangen ist, den Flugverkehr wieder aufzunehmen; ich habe zu danken der Wissenschaft, deren Stand alle Gewähr bietet, daß die Fortschritte auf dem Gebiete der Luftfahrt aufwärts gehen werden trotz alledem. Ganz besonders, meine Damen und Herren, habe ich zu danken der Jugend, der Begeisterung unserer deutschen Flieger, und ich möchte Sie bitten, diesen Augenblick nicht an uns vorübergehen zu lassen, ohne derer zu gedenken, die mit ihrem Leben die Fortschritte der Waffe, die Fortschritte des Verkehrsmittels im Kriege besiegelt haben. Wir gedenken aller derer, die in zäher Energie während des Krieges gesucht haben, uns die Überlegenheit in der Luft zu erringen und zu sichern.

Meine Damen und Herren! Ich denke nicht daran, etwa zu empfehlen, kriegerische Ideen mit der Luftfahrt zu verfolgen. Wir müssen die Luftfahrt einstellen in den Friedensverkehr und müssen der Luftfahrt diejenigen Wege öffnen und weisen, die notwendig sind, um uns an dem großen internationalen Verkehr zu beteiligen; und ich bin der Überzeugung, daß auch unsere bisherigen Feinde sich dem nicht werden entziehen können, daß wir mittun in dem Verkehr, der keine Grenzen kennt.

Ihr Herr Vorsitzender hat bereits an die Jugend appelliert. Lassen Sie es mich noch einmal tun. Wir wollen in allem, was wir beginnen, in erster Linie die Jugend auch mitraten und mittaten lassen, denn die Entwicklungen können unmöglich so schnell vor sich gehen, daß wir Älteren noch in der Lage sein werden, die Zukunft zu meistern. Wohl aber rufe ich der Jugend, den jungen Fliegern, auch für die Zukunft ein herzliches Glückauf zu, und so hoffe ich, daß, von jugendlicher Begeisterung gesteuert das deutsche Flugzeug der Sonne entgegengehen wird.

Meine Damen und Herren! Wir wollen alle unsere Wünsche, die wir hegen für das Gedeihen Ihrer Gesellschaft, für das Gedeihen der Luftfahrt, zusammenfassen in dem Rufe: Die deutsche Luftfahrt hoch!

Herr Major z. D. Professor Dr.-Ing. von Parseval: Im Auftrage seiner Magnifizenz des Rektors der Technischen Hochschule, der durch eine Indisposition leider am Reden verhindert ist, und im Namen der Technischen Hochschule habe ich die Aufgabe, der Wissenschaftlichen Gesellschaft für Luftfahrt für die freundliche und liebenswürdige Einladung zu diesem Abend herzlichen Dank zu sagen. Wir haben schon heute vormittag in den Räumen der Technischen Hochschule die Wissenschaftliche Gesellschaft zu Gaste gesehen und haben mit besonderer Freude ein solches näheres Verhältnis zu dieser Gesellschaft begrüßt. Es ist für mich persönlich eine besondere Ehre und eine besondere Freude, zu diesen Worten Gelegenheit zu haben, weil ich doch so lange schon, von Anfang an, der Wissenschaftlichen Gesellschaft angehöre und schon lange die Ehre habe, der Technischen Hochschule als Mitglied anzugehören. Zwei Gesellschaften, eine so hochstehende Anstalt wie die Technische Hochschule, gefördert und gestützt vom Staat, die andere auf eigenen Füßen stehend, ein Geschöpf der Freiheit und der eigenen Initiative, das gibt, meine ich, auch in Zukunft eine glückliche Vereinigung. In unserer jetzigen Zeit, die ja genügend gekennzeichnet worden ist durch die Worte unseres Herrn Vorsitzenden und Seiner Exzellenz des Herrn Ministers, haben wir eines vor allem nötig: das ist der Geist, die Schwungkraft, die allem die Seele gibt, und diesen Geist habe ich zu meiner großen Freude gefunden, nicht nur in der Technischen Hochschule, wo er schon lange gepflegt wird und immer vorhanden war, sondern namentlich auch bei denjenigen Herren, die ich in der Wissenschaftlichen Gesellschaft kennen gelernt habe, die mir die Ehre ihres freundlichen Wohlwollens erwiesen haben. Dieser Geist, der aus allem und jedem noch das Äußerste zu machen weiß, der eine Initiative bringt, und der jede geringste Möglichkeit zu einer glänzenden Tat zu benutzen versteht, dieser Geist, der nicht geboren ist, meine Damen und Herren, aus einer Nützlichkeitstheorie, aus dem Streben nach Gewinn, sondern edlere und höhere Beweggründe hat, der hauptsächlich geboren ist aus dem Interesse an der Sache und von diesem Interesse getragen wird, dieser Geist hat sich zuletzt bei den Versuchen auf der Wasserkuppe, wie wir ja alle erlebt haben, noch in einer Weise gezeigt, daß für rein wissenschaftliche und sportliche Interessen die Leute die größten Mühen und die größten Entbehrungen des Unwetters und der schlechten Verpflegung ertragen haben und Einbußen auch an Geld, um bloß ihre Ideen in die Wirklichkeit zu überführen. Dieser Geist, meine Damen und Herren, hat Deutschland groß gemacht, und er wird uns auch in Zukunft nicht im Stiche lassen. Das ist die Spannkraft zum Aufstieg. Hinter diesem Geist der Sachlichkeit, der, möchte ich sagen, ein mehr Verstandesmäßiges an sich hat, steht aber noch als Größeres und als Höheres der ethische Wille zur Wahrheit. Beides zusammen ist in der Technik in hervorragendem Maße verkörpert, und nirgends ist die Ehrlichkeit und die unbedingte Wahrhaftigkeit so nötig und auch so zu Hause wie in der Technik; denn da kann niemand sich einen Schwindel vormachen, wie man es in der Politik alle Tage sieht. Eine Maschine geht, sie ist richtig berechnet, oder sie geht nicht, und leistet nicht, was von ihr gefordert werden muß, und deshalb ist die Technik die wahre Schule der Wahrheit und der Ehrlichkeit.

In diesem Geiste, in der Hoffnung auf eine bessere Zukunft, meine Damen und Herren, bitte ich Sie, Ihr Glas zu erheben. Die Wissenschaft und ihre Förderinnen, die Technischen Hochschulen, sie leben hoch!

V. Protokoll

über die geschäftliche Sitzung der VI. Ordentlichen Mitglieder-Versammlung am 15. Oktober 1920 in der Aula der Technischen Hochschule zu Charlottenburg, vormittags 9 Uhr.

Vorsitz: Geh. Reg.-Rat Professor Dr. Schütte.

Tagesordnung:

a) Bericht des Vorstandes (Geschäftsbericht, Rechnungslegung usw.);
b) Entlastung des Gesamt- sowie des geschäftsführenden Vorstandes;
c) Satzungsänderungen;
d) Neuwahl von $^1/_3$ der Vorstandsmitglieder oder vollständige Neuwahl, wenn die Satzungsänderungen dies erforderlich machen sollten;
e) Wahl der Rechnungsprüfer;
f) Wahl des Ortes für die Ordentliche Mitglieder-Versammlung 1921;
g) Verschiedenes.

Vorsitzender: Meine sehr geehrten Damen und Herren! Ich eröffne die heutige geschäftliche Sitzung der VI. ordentlichen Mitgliederversammlung der Wissenschaftlichen Gesellschaft für Luftfahrt. Die Tagesordnung ist Ihnen bekanntgegeben worden. Ich darf in Rücksicht auf den geschäftlichen Teil eine erfreuliche Leere feststellen, die hoffentlich zu einer schnellen und glatten Erledigung der Tagesordnung führt.

Meine sehr verehrten Damen und Herren! In den bisher freudigen Verlauf der Tagung mischt sich ein herber Tropfen Wermut, wenn wir der Toten gedenken, die im verflossenen Geschäftsjahr von uns gegangen sind. Es sind dies: Herr Geheimrat von Boettinger, Exzellenz von Nieber, Geheimrat Reich, Exzellenz Emil Fischer, Dr. v. Martius, Geheimrat Richards und Geheimer Kommerzienrat Bayer.

Wir alle betrauern in diesen Toten tüchtige Männer, die allzeit treu zur Luftfahrt, zur Fliegerei gestanden haben und denen wir den Aufbau unserer Gesellschaft und vieles andere noch verdanken.

Ganz besonders schmerzlich ist für die Wissenschaftliche Gesellschaft der Tod unseres allverehrten und langjährigen Vorsitzenden, des Geheimrats von Boettinger, gewesen, den wir erst auf der letzten Hauptversammlung zum Ehrenmitglied unserer Gesellschaft machen konnten. Herr Hauptmann Krupp und ich haben am 4. Mai Gelegenheit genommen, Herrn von Boettinger das Ehrendiplom zu überreichen. Kurze Zeit darauf, am 9. Juni, ist er plötzlich gestorben.

Herr Professor Dr. Prandtl hat dem Verblichenen einen zu Herzen gehenden, tief empfundenen Nachruf in unserer Zeitschrift für Flugtechnik und Motorluftschiffahrt und im Beiheft 1 gewidmet. Ich wüßte diesen Worten kaum etwas hinzuzufügen. Ich glaube mit Ihnen zu empfinden, wenn ich sage, daß wir für unseren verstorbenen, so hochverehrten langjährigen Präsidenten weiter die Gefühle unauslöschlicher Dankbarkeit in unserem Herzen hegen wollen, und nicht nur gegen ihn, sondern auch gegen die anderen Männer, deren Namen ich Ihnen soeben vorlas. Ich darf die Anwesenden bitten, durch Erheben von den Sitzen unsere Toten zu ehren. (Geschieht.) Ich danke Ihnen.

Bericht des Vorstandes. (Geschäftsbericht.)

Meine Damen und Herren! Die letzte Hauptversammlung hat dem neuen Gesamtvorstand und insbesondere dem engeren Vorstand eine ganze Reihe von Mandaten übertragen, die auszuführen unsere erste Pflicht war. Hierzu gehören vor allem die Satzungsänderungen und eine verschärfte Werbetätigkeit für Geldbeiträge und Mitglieder.

Rechnungslegung.

Die Finanzlage war am Ende des Jahres 1919 keine gute. Es waren alles in allem — Herr Professor Berson wird nachher die Liebenswürdigkeit haben, sich dazu zu äußern — 29119,51 Mark einschl. Kriegsanleihe, zum damaligen Kurse berechnet, vorhanden. Mit diesen Mitteln hätten wir also keineswegs wirtschaften können. Es ist uns gelungen, über die ersten Klippen hinwegzukommen. Wir haben ein Rundschreiben an eine große Anzahl von Behörden und Privaten, besonders an die Industrie, gesandt, und erfreulicherweise sind darauf nicht unerhebliche Beiträge eingegangen.

Ich darf die Eingänge kurz verlesen:

Besondere Stiftung (Kriegsanleihe)	M. 150000
Gebr. Röchling	» 3000
Schütte-Lanz	» 5000
Gen.-Dir. Rumpler	» 5000
Hartmann & Braun	» 1000
Schneider-Flugzeugwerke	» 1000
Deutsche Luft-Reederei	» 100
Verband dt. Flugzeug-Industrieller	» 5000
Hugo Stinnes	» 10000
Professor Junkers	» 10000
Hamburg-Amerika-Linie	» 3000
Zeppelin-G. m. b. H.	» 5000.

Hinzu kommen die 1919 vorhandene Kriegsanleihe und die Beiträge des verflossenen Geschäftsjahres. Der uns seinerzeit von der Nationalflugspende auch für das Geschäftsjahr 1920 in Aussicht gestellte Betrag, den damals Herr Geh.-Rat von Boettinger noch besonders erwähnte — es waren, wenn ich nicht irre, M. 50000 bis M. 60000 — ist trotz wiederholter Schreiben leider bisher nicht eingetroffen. Es wäre ganz ausgezeichnet, wenn die Nationalflugspende sich der Finanzierung der Wissenschaftlichen Gesellschaft für Luftfahrt annähme; denn dann wären wir über den Berg. Leider müssen wir zunächst in gleicher Weise, wie es andere Gesellschaften bereits getan haben, einen Teuerungszuschlag beantragen, auf den ich später näher eingehen will.

Da Herr Professor Berson um 10 Uhr bereits in Berlin sein muß, so bitte ich, Ihr Einverständnis vorausgesetzt, Herrn Professor Berson, jetzt die Rechnungslegung vornehmen zu wollen.

Professor Berson: Sie waren so freundlich, Herrn Patentanwalt Fehlert und mich mit der Prüfung der Bücher zu betrauen. Wir haben dieses Amt ausgeführt, und zwar sogar genauer als wir das mußten. Wir haben alles in tadelloser Ordnung gefunden. Es hat sich in Einnahme und Ausgabe als Gesamtsumme ergeben M. 65870,68 als Bestand am 31. Dezember 1919.

Sie haben von dem Herrn Vorsitzenden gehört, daß die Finanzlage eine sehr erfreuliche ist. Ich kann im Namen von Herrn Fehlert und in meinem Namen beantragen, daß dem Vorstand und der Geschäftsführung die Entlastung erteilt wird. Geschieht!

Vorsitzender: Dann danke ich Herrn Professor Berson und Herrn Fehlert für ihre Mühewaltung und möchte fragen,

Rechnungsabschluß per 31. Dezember 1919.

Einnahmen

An Bestand am 1. Januar 1919:			
Barbestand			M. 285,41
Bestand an Kriegsanleihe:			
M. 55000 à M. 85,—	M. 46750,—		
Verkaufte M. 25000 à M. 77,40	» 19350,—		
	M. 27400,—		
Kursverlust auf verkaufte M. 25000 Kriegsanleihe	» 1900,—		
	M. 25500,—		
Kursverlust auf vorhandene restliche M. 30000 Kriegsanleihe	» 2250,—		
Bleiben M. 30000 Kriegsanleihe à M. 77,50			M. 23250,—
			M. 23535,41
An Erlös aus verkaufte M. 25000 Kriegsanleihe à 77,40 (M. 19350,—) und 5 vH Zinsen für 90 Tage (M. 312,50) Spesen M. 22,50			» 19640,—
» Überweisungen:			
Luftschiffbau Schütte-Lanz	M. 5000,—		
Rumplerwerke	» 500,—		» 5500,—
» Beiträge	M. 11420,—		
» Zinsen auf Kriegsanleihe	» 2750,—		
» Miete Luftfahrerspende	» 964,58		
» verkaufte Zeitschriften	» 44,25		
» Beitragsrückzahlung Naturf.-Ges.	» 6,60		
» Portivergütungen	» 9,84		
» Vergütung R. Oldenbourg f. Miete und Schreibhilfe per 2. Sem. 1919	» 2000,—		» 17195,27
			M. 65870,68

Nach den Büchern, Belegen und Summen geprüft und richtig befunden.

Berlin, den 27. April 1920. A. Berson. C. Fehlert.

Arensdorf, 10. Januar 1920.

Der Schatzmeister: Dr.-Ing. von Böttinger.

Ausgaben

Per Gehälter	M. 16273,42	
» Miete	» 4202,45	
» Bureaubedarf	» 944,79	
» Porti {M. 359,50 Berlin, » 110,75 Leverk}	» 470,25	
» Drucksachen	» 144,87	
» Vereinszeitschrift 1917 (M. 1917) und 1918 (M. 2033,95)	» 3949,95	
» Kosten d. Flugt. Sprechabende	» 169,35	
» Reisegeld für die Sitzungen der Vorstände	» 594,20	
» Kosten der O. M. V. 1919	» 1370,66	
» Vergütung für die Gehilfen des Schatzmeisters	» 400,—	
» Unterstützung Frau Béjeuhr	» 600,—	
» Zinsvergütung Farbenfabriken	» 301,17	
» verschiedene Vereinsbeiträge	» 396,85	
» verschiedene kleine Ausgaben	» 1433,21	M. 31251,17
» Überweisung an die Direktion der Disconto-Gesellschaft Berlin zugunsten des Kontos »Wissenschaftliches Vermächtnis der Flugzeugmeisterei«	»	» 5500,—
		M. 36751,17
» Bestand am 31. Dezember 1919:		
Barbestand	» 5869,51	
Bestand an Kriegsanleihe M. 30000 à M. 77,50	» 23250,—	» 29119,51
		M. 65870,68

Für die Richtigkeit der Abschrift: Krupp.

ob Herr Berson die Liebenswürdigkeit hat, wie er es in der letzten Sitzung des Gesamtvorstandes bereits zugesagt, auch fernerhin das Amt eines Rechnungsprüfers ausüben zu wollen. (Zustimmung des Herrn Professor Berson.) Ich danke Ihnen. Herrn Fehlert werden wir schriftlich unsern Dank abstatten und um seine tatkräftige Mitarbeit auch für 1921 bitten. Dann wäre auch dieser Punkt damit erledigt.

Tätigkeit der Kommissionen.

Meine verehrten Anwesenden! Ich muß, bevor ich weiter berichte, mich einer Dankespflicht entledigen. Der Vorstand allein wäre gar nicht imstande gewesen, die Menge der Anträge und Arbeiten zu erledigen. Es mußten infolgedessen verschiedene Kommissionen ins Leben gerufen werden, und diese Kommissionen waren alle eifrig tätig.

In erster Linie ist es die Satzungskommission gewesen. Sie haben ihre Arbeiten geprüft, da Ihnen die Satzungsvorschläge übersandt worden sind. Es haben der Kommission angehört die Herren:

Professor Berson,
Mar.-Baum. Dröseler,
Dr. Everling,
Dipl.-Ing. Gaule,
Hauptmann Krupp,
Dipl.-Ing. Madelung,
Professor von Parseval,
Dipl.-Ing. Schmiedel,
Justizrat Tauber.

Die Herren haben sich außerordentlich verdient gemacht. Sie haben in vielen Sitzungen und Besprechungen die Satzung einer gründlichen Revision unterzogen. Es ist gelungen, die Satzung wesentlich zu vereinfachen und von 44 Paragraphen auf 35 herunterzugehen.

Ferner wurde die Kommission für Hochschulreform gebildet, der die Herren Geheimrat Müller-Breslau, Professor Dr. Pröll und Dr. Everling angehört haben.

Herr Dr. Bader hatte der WGL eine Denkschrift eingereicht, derzufolge sich der Hochschul-Unterrichtsausschuß gebildet hat. Herr Dr. Bader erachtete es als wünschenswert, daß in Deutschland ein oder zwei Lehrstühle für Luftfahrt, für Flugtechnik gegründet wurden. Bei den beschränkten Mitteln ist es ausgeschlossen, daß jede Hochschule einen Lehrstuhl für Flugtechnik erhält. Es wäre dies auch gänzlich überflüssig. Der gesamte deutsche Schiffbau hat bisher an zwei Hochschulen Lehrstühle für Schiff- und Schiffsmaschinenbau gehabt, nämlich in Charlottenburg und Danzig, und da sind manchmal mehr Ingenieure ausgebildet worden als der gesamte deutsche Schiffbau übernehmen konnte. Nun stellen Sie sich vor, es würden heute, wo uns durch den Friedensvertrag erhebliche Beschränkungen auferlegt sind, an sämtlichen deutschen Hochschulen Lehrstühle für Flugtechnik eingerichtet, um Luftfahrzeugbau-Diplomingenieure auszubilden! Es ist wohl verständlich, daß jede Hochschule gern diese interessante und zeitgemäße Disziplin gerade zu einem ihrer Lehrstühle machen möchte, aber, das geht nicht!

Die Kommission für Hochschulreform hat wiederholt getagt. Es ist von ihr ein Fragebogen ausgearbeitet, der an die verschiedenen Hochschulen geschickt wurde, dessen Beantwortung aber noch aussteht. Aus den Antworten, die einlaufen, soll schließlich der Schlußstein zu unserer Arbeit gesetzt werden. Es wird das hoffentlich nicht mehr allzulange dauern, da, wie Sie wissen, die Technischen Hochschulen einer allgemeinen Reform ihres Unterrichts entgegengehen.

Gedacht sei weiter der Arbeit des Herrn Ingenieur Eppinger, der in geradezu vorbildlicher Weise es verstanden hat, ein Archiv aus alldem zu schaffen, was der Krieg uns noch an Material hinterlassen hat.

Weiter hat die Kommission für Festsetzung der Vorträge gearbeitet. Ihr gehörten an die Herren Dr. Hoff, Professor Prandtl, Professor Reissner und Hauptmann Krupp. Auch ihnen meinen besten Dank.

Die Kommission für Beschleunigungsmesser-Wettbewerb hat das Preisausschreiben, welches im Jahre 1914 seitens der Wissenschaftlichen Gesellschaft ergangen ist, erneut bearbeitet. Natürlich sind in der Zeit viele Änderungen eingetreten, und wir müssen uns zunächst darüber klar werden, ob wir überhaupt noch imstande sind, das Preisausschreiben durchzuführen. Damals waren etwa M. 3000 als Unkostenhöchstgrenze in Aussicht genommen, und diese M. 3000 wurden uns von der Nationalflugspende in Aussicht gestellt. Sie alle wissen, daß man heute einen solchen Betrag mit 10 bis 12 multiplizieren muß. Soviel Geld aber haben wir gar nicht für solche Zwecke. Herr Professor von Parseval, als Vorsitzender dieser Kommission, will so liebenswürdig sein und genau prüfen, welche Kosten im einzelnen entstehen werden. Dann wollen wir weiter sehen. Auch dieser Kommission möchte ich danken.

Ganz besonderen Dank darf ich noch aussprechen Herrn Professor Prandtl, der die wissenschaftliche Leitung unserer Zeitschrift hat, und unserem tüchtigen Geschäftsführer, Herrn Hauptmann Krupp. Ich persönlich bin besonders letzterem sehr zu Dank verpflichtet. Ich kann nur offen bekennen, daß ich ohne ihn gar nicht imstande gewesen wäre, alle Arbeiten zu erledigen. Es haben viele Besprechungen und Sitzungen mit ihm stattgefunden. Er hat die alte preußische Ordnung in das Bureau hineingebracht, und zwar die preußische Ordnung ohne Zopf. Man kann heute das ganze Archiv, die ganze Registratur glatt übersehen. Ich glaube, wir haben allen Grund, Herrn Hauptmann Krupp dafür unsere volle Anerkennung auszusprechen.

Meine Damen und Herren! Die Werbetätigkeit war von gutem Erfolg begleitet. Die Gesellschaft bestand gelegentlich der ordentlichen Mitgliederversammlung im Dezember 1919 aus 482 Mitgliedern. Durch Tod, Austritt und Streichung infolge Nichtzahlung der Beiträge verminderte sich diese Zahl um etwa 50. Da wir nun heute über 550 Mitglieder zählen, so sind im verflossenen Geschäftsjahre 120 neue Mitglieder eingetreten. Dies ist sehr erfreulich und wir hoffen zuversichtlich, daß, nachdem das erste halbe Tausend überschritten, es uns in absehbarer Zeit gelingen wird, die Wissenschaftliche Gesellschaft für Luftfahrt auf 1000 Mitglieder und mehr zu bringen. Auch auf die Finanzlage würde das günstige Rückwirkungen haben.

Würden Sie, Herr Eppinger, jetzt die Liebenswürdigkeit haben, über Ihre Tätigkeit zu berichten.

Ingenieur Eppinger: Mit der Anlage eines Archivs beabsichtigt die Geschäftsstelle der Wissenschaftlichen Gesellschaft für Luftfahrt die Erfahrungswerte, die durch Untersuchungen, Prüfungen und Messungen geschaffen wurden, der Allgemeinheit zugänglich zu machen und den Hochschulen und anderen technischen Lehranstalten Unterrichtsmaterial zuzuführen. In erster Linie kamen hierfür die Unterlagen in Frage, die dem großen technischen Fortschritt im Kriege ihre Entstehung verdanken. Es ist gelungen, den größten Teil der Akten, soweit er wissenschaftlichen Wert hat, im Archiv zu vereinen. Die Geschäftsstelle war auf Grund dieses Materials in der Lage, vielfache Anfragen seitens ihrer Mitglieder zu erledigen, und haben die Resultate in Veröffentlichungen ihren Ausdruck gefunden. Ebenso war es möglich, verschiedenen Hochschulen und technischen Lehranstalten Unterrichtsmaterial zur Verfügung zu stellen, z. B. in Form der bekannten Technischen Mappe, der früheren Flugzeugmeisterei, den Technischen Berichten, Zusammenstellungen von Motor-Baubeschreibungen und ähnlichen.

Wenn auch die Arbeiten eines Archivs eigentlich rein theoretisch sind und in ihren Auswertungen meistens nicht sofort zur Geltung kommen, so steckt der große Wert in der Unterstützung zur Vervollkommnung des Rüstzeugs des Technikers. Das betrachtet die Wissenschaftliche Gesellschaft als ihre Domäne, und von diesem Gesichtspunkte aus war auch die Anlegung des Archivs geleitet.

Im Zusammenhang mit dem Archiv steht die Büchereifrage. Während des Krieges hat die Industrie den Wert erkannt, welchen die wissenschaftliche Vorbildung des Technikers für die spätere praktische Tätigkeit hat, und welche Bedeutung hierfür großen Fachbüchern zukommt. So entstand der Plan, von seiten der Industrie eine große technische Bücherei in Deutschland zu schaffen, wie sie schon in anderen Ländern, z. B. Amerika, besteht. Leider ist dieses Werk durch den unglücklichen Ausgang des Krieges verhindert worden. Die Industrie konnte nicht mehr die Mittel zur Verfügung stellen, die seinerzeit vorgesehen waren. So wurde an Staatshilfe gedacht. In einer Eingabe, die vom Verband Technisch-wissenschaftlicher Vereine und dem Patentamt ausging, wurde die Errichtung einer staatlichen technischen Hauptbücherei vorgeschlagen. Nach längerer Zeit kamen Besprechungen zustande, die vom Justizministerium als der vorgesetzten Behörde des Patentamts geleitet wurden, die aber ein positives Ergebnis nicht gezeitigt haben. Es wurde wohl die unbedingte Notwendigkeit einstimmig anerkannt, aber die Mittel waren augenblicklich für eine derartige Sache nicht zur Verfügung. Eine Kommission wurde gebildet, die die Sache weiter bearbeiten soll. Nach meiner Ansicht ist aber in absehbarer Zeit an die Verwirklichung der technischen Hauptbücherei, für die fürs erste 10 Millionen vorgesehen waren, nicht zu denken. Es bleibt den einzelnen Körperschaften nichts weiter übrig, als nach wie vor zur Selbsthilfe zu greifen.

So ist auch für die Luftfahrt ein Ausweg geschaffen. Gerade im Flugwesen müssen wir augenblicklich auf die theoretische Vorbildung der Techniker großen Wert legen, da die praktische Tätigkeit der Industrie sehr stark gedrosselt ist. Es ist nicht möglich, sich heute eine große Bücherei anzulegen. So kam nur eine Lösung in Frage: die Bücher, die jetzt in kleinen Einzelbibliotheken zerstreut sind, zusammenzufassen. Als gangbarer Ausweg wurde die Form des Zettelkatalogs gewählt. Es wurde in verschiedenen Sitzungen, an denen sich die interessierten Vereinigungen, die staatlichen Büchereien, die Technische Hochschule und das Patentamt beteiligten, beschlossen, einen Zettelkatalog anzulegen, der an Brennpunkten ausgelegt und allen zugänglich gemacht werden soll. Die Einteilung soll in zweifacher Weise geschehen: Autorenkatalog und Sachkatalog. Der Sachkatalog wird nach einer bestimmten Systematik aufgestellt, die von einem engeren Ausschuß ausgearbeitet ist und welche die wichtigsten Stichwörter so umfaßt, wie sie in der Luftfahrt gebräuchlich sind, so daß auf Anfrage die Zentralstelle jederzeit in der Lage ist, umfassendes Material anzugeben. Wünscht z. B. jemand etwas über Vogelflug, Insektenflug usw. zu wissen, so findet man die Literatur unter einem Stichwort vereinigt.

Die Wissenschaftliche Gesellschaft für Luftfahrt als solche hat den Vorteil, daß sie im Ausschuß vertreten ist und daß die Aufstellung des Zettelkatalogs im Flugverbandshause geschieht. Sie ist hierdurch in der Lage, ihren Mitgliedern in jeder Weise umfassende Auskunft zu geben, so daß die Bücherei eine literarische Auskunftsstelle für ihre Mitglieder bedeutet. Es ist sogar vorgesehen, den Zettelkatalog, wenn er fertig ist, in der Zeitschrift in geeigneter Form zu veröffentlichen, so daß sich jedes Mitglied durch Ausschnitte seinen eigenen Katalog zusammenstellen kann. Vorläufig ist die Aufstellung des Katalogs für Berlin vorgesehen. Sind diese Arbeiten beendet — wir hoffen den Zettelkatalog im Laufe des Sommers der Öffentlichkeit übergeben zu können —, ist die Ausdehnung desselben auf ganz Deutschland vorgesehen. Als Zukunftsaufgabe jedoch bleibt der Deutschen Luftfahrtbücherei die Herausgabe einer Luftfahrtbibliographie.

Vorsitzender: Ich danke Herrn Eppinger nochmals für seine Mühewaltung.

Dann lag der Wissenschaftlichen Gesellschaft ein Antrag von Herrn Professor Baumann vor, der anregt, die Akten, die im Reichsarchiv, Sektion Luftschiffahrt, gesammelt sind, der Öffentlichkeit weiter zugänglich zu machen. Die Wissenschaftliche Gesellschaft für Luftfahrt hat sich der Sache angenommen und sich mit dem Reichsarchiv in Potsdam in Verbindung gesetzt. Die Akten stehen bereits heute zur Einsicht zur Verfügung. Alles, was im Laufe des Krieges durch die Militärbehörden und andere Stellen gesammelt werden konnte, ist dorthin geschickt. Die Wissenschaftliche Gesellschaft für Luftfahrt bemüht sich auch weiter darum, daß man Hilfskräfte anstellt, um eine Auswertung des sehr wertvollen Materials zu ermöglichen.

Sie kennen das bekannte Rundschreiben von Herrn Professor Linke, Frankfurt, welches auf der letzten Hauptversammlung vorgelesen und einstimmig genehmigt wurde. Es ist an die verschiedenen Behörden und an die Presse gegangen. Es ist uns von allen Stellen mitgeteilt, daß sie großes Interesse für die Wissenschaftliche Gesellschaft für Luftfahrt haben. Das württembergische Arbeitsministerium hat in dankenswerter Weise eine einmalige Spende von M. 200 an uns gelangen lassen. Andere Behörden haben sich finanziell ablehnend verhalten.

Die Sitzungen des Gesamtvorstandes fanden statt am 23. Februar, 31. Juli und 13. Oktober, also ungefähr alle Vierteljahr. Hinzu kommen die Sitzungen des engeren Vorstandes und Besprechungen in der Geschäftsstelle. In der letzten Sitzung des Gesamtvorstandes ist ein neuer Navigationsausschuß gebildet, dem die Herren Professor Berson, Krupp, Kapitän Boykow, Kap.-Lt. Friedensburg, Professor Kurt Wegener, Hamburg, und Geheimrat Professor Kohlschütter angehören.

Auch die Bildung von Ortsgruppen ist versucht worden. Leider bisher nicht mit dem Erfolge, wie wir ihn wohl hätten erwarten können. Ortsgruppen sind zurzeit nur in München, Danzig und Hannover in Aussicht genommen. Aber auch hier ist noch alles im Werden, und bei der heutigen Wirtschafts- und politischen Lage will auch das Zeit haben.

Die von der Wissenschaftlichen Gesellschaft für Luftfahrt angeregten Sprechabende sind sehr gut besucht gewesen. Es schloß sich stets eine lebhafte Aussprache an die Vorträge an. Sprechabende fanden statt:

Im Januar: Hauptmann von Bentivegni: Luftverkehr und Riesenflugzeuge.

Im Februar: Geh. Reg.-Rat Bendemann: Die Dümdener Prüfbahn der D.V.L.

Im März: Dr. Everling: Zur Wertung von Höhenrekorden.

Im April: Stud.-Ing. Scherschewsky: Die Entwicklung der Flugtechnik in Rußland während der Kriegs- und Revolutionsjahre 1914 bis 1919. — Obering. König: Energiemessungen bei Flugzeugen mittels Steig- und Gleitflügen.

Im Mai: Dipl.-Ing. Noack: Turbinen und verwandte Probleme in der Flugtechnik.

Da die Sprechabende, wie gesagt, sehr rege Beteiligung fanden, so sollen sie im Winter, nachdem sie über Sommer ausfielen, wieder aufgenommen werden. Ich bin überzeugt, daß gerade diese Abende dazu beigetragen haben, unsere Mitgliederzahl so wesentlich zu erhöhen.

Auch mit anderen Verbänden ist die Wissenschaftliche Gesellschaft in Verkehr getreten. So mit dem »Deutschen Verband Wissenschaftlich-technischer Vereine«. Wir haben unsern Beitrag zu diesem Verein von M. 100 auf 200 — anstandshalber — erhöhen müssen. Auf Wunsch wurden dem Ausschuß für Auslandsfragen die Adressen unserer sämtlichen ausländischen Mitglieder mitgeteilt. »Dem deutschen Ausschuß für das Schiedsgerichtswesen« trat die Wissenschaftliche Gesellschaft nicht bei, weil dies Gebiet für uns nicht in Frage kommt. Die Schiedsgerichtsparagraphen der Zivilprozeßordnung haben oft zu Unzuträglichkeiten geführt und sollen deshalb durch diesen neuen Ausschuß bearbeitet werden.

In der Sitzung vom 7. April wegen »Beratung und Umgestaltung des Patentgesetzes« wurde die Gesellschaft durch Herrn Dr. Elias vertreten.

In der Sitzung des »Ausschusses zur Verbesserung des naturwissenschaftlichen Unterrichts« am 12. April nahm die wissenschaftliche Gesellschaft durch Herrn Geheimrat Eugen Meyer teil.

Dem Protest der deutschen Ingenieure gegen Ententewillkür hat sich die Gesellschaft in jeder Beziehung angeschlossen. Der Protest ist in unserer Zeitschrift veröffentlicht und Ihnen zugegangen. In der Sitzung vom 20. September wurde die Wissenschaftliche Gesellschaft durch Herrn Ingenieur Eppinger vertreten. Sie sehen, daß vielerwärts Arbeit geleistet worden ist.

Dann ist ein neuer Vertrag mit dem Verlag Oldenbourg betreffend Herausgabe der Beihefte zu unserer Zeitschrift abgeschlossen, worüber Sie Herr Hauptmann Krupp eingehender unterrichten wird, da er die Verhandlungen geführt hat.

Hauptmann Krupp: Im vorigen Jahre ist die Schriftleitung der »Zeitschrift für Flugtechnik und Luftschiffahrt« auf die Gesellschaft übergegangen. Es waren damals viele Anregungen zur Verbesserung der Zeitschrift gegeben worden, die auch vorgenommen worden sind. So haben wir in der Zeitschrift selbst, wie den Mitgliedern schon bekannt ist, eine »Luftfahrt-Rundschau« hinzugenommen durch Zusammenstellen der »Nachrichten des Verbandes deutscher Flugzeugindustrieller«, die in der nächsten Zeit eine Änderung erfahren wird, da die Nachrichten jetzt vom Reichsluftamt zusammengestellt und im Druck erscheinen werden. In Zukunft werden daher Auszüge aus den Nachrichten des Reichsluftamts gebracht werden, ergänzt durch Beiträge des Verbandes deutscher Flugzeugindustrieller.

Ferner wollen wir in der Zeitschrift in Zukunft auch ausführliche Statistiken bringen.

Es lagen nun von Mitgliedern und Mitarbeitern längere Aufsätze vor, die man nicht in der Zeitschrift bringen konnte. Da war der Wunsch, daß man diese Aufsätze in Beiheften veröffentlichen möchte. Das erste Beiheft ist inzwischen den Mitgliedern zugegangen, und das ist gleichzeitig das frühere Jahrbuch der Gesellschaft. Das zweite Beiheft wird ebenfalls demnächst erscheinen. Das dritte Beiheft ist in Arbeit.

Das erste Beiheft ist sämtlichen Mitgliedern zugeschickt worden, weil es gleichzeitig das frühere Jahrbuch der Gesellschaft ist. Vor dem Kriege wurde den Mitgliedern das Jahrbuch unentgeltlich zugesandt, und die Gesellschaft hat für dieses Jahrbuch ungefähr M. 10 pro Mitglied ausgegeben. Das jetzige Beiheft kostet M. 15 für die Mitglieder, der Gesellschaft selbst kostet es M. 25. Wir haben den Betrag von M. 10 abgesetzt, weil die Gesellschaft früher das Jahrbuch den Mitgliedern unentgeltlich zugestellt hatte. Die Herren dürfen sich also infolgedessen nicht wundern, wenn, wie ich gestern verschiedentlich äußern hörte, das Beiheft im Buchhandel M. 32 kostet. Denn uns selbst kostet das erste Heft, wie gesagt, schon M. 25. Bei den folgenden Beiheften wird ebenfalls der Selbstkostenpreis für die Mitglieder festgelegt.

Ich möchte Sie hier gleichzeitig von der letzten Besprechung mit dem Vertreter des Verlages Oldenbourg, Herrn von Cornides, unterrichten, der mir sein Leid geklagt hat über den Verlust, den der Verlag an der Zeitschrift in diesem Jahre hat. Nach Berechnungen wird sich der Verlust an der Zeitschrift für den Verlag auf ungefähr M. 83000 stellen. Wenn man die anderen Zeitschriften vergleicht, so ist unsere Zeitschrift furchtbar billig. Unsere Zeitschrift kostete früher mit 24 Heften M. 20 und ist jetzt auf nur M. 32 erhöht worden. Der Verlag will vom 1. Januar ab den Preis der Zeitschrift auf M. 50 erhöhen. Wir haben ja mit dem Verlag einen Vertrag und die Gesellschaft bekommt die Exemplare für die einzelnen Mitglieder billiger. Der Preis von M. 50 wäre der Abonnementspreis für Nichtmitglieder. Die Unkosten von M. 83000 lasten nun schwer auf dem Verlag, und er versucht auf alle mögliche Weise, diese Kosten wenigstens einigermaßen zu decken. Er ist infolgedessen auch an unsere Gesellschaft herangetreten mit der Bitte um Unterstützung. Das Schwierige bei der Sache ist, daß die Zeitschrift so wenig Annoncen hat; denn die Hauptunkosten werden ja durch die Einnahmen durch Annoncen gedeckt. Ich möchte hier die Herren Mitglieder bitten, auch in dieser Hinsicht für unsere Zeitschrift zu werben, damit das Defizit des nächsten Jahres nicht so hoch wird.

Vorsitzender: Meine Damen und Herren! Sie haben gestern den Vortrag von Herrn Klemperer über den Gleit- und Segelflugwettbewerb in der Rhön gehört. Die Ergebnisse dieses Gleitfluges eröffnen ganz neue Perspektiven. Leider hat dieser Gleitflug auch einen Todessturz gehabt, und zwar eigentümlicherweise an dem Todestage Lilienthals. Herr von Loeßl, einer der tüchtigsten Gleitflieger, hat dort leider sein junges Leben lassen müssen.

Die WGL beabsichtigt, nach Rücksprache mit dem Reichsluftamt, gemeinsam mit dem Verband deutscher Segelflugvereine die Vorarbeiten für den Wettbewerb in der Rhön im Jahre 1921 sofort in Angriff zu nehmen. Es ist eine Kommission gebildet, die die weiteren Arbeiten in die Hand genommen hat, und es scheint, daß sehr interessante Ergebnisse unter Umständen gezeitigt werden können.

Auch der Ausbau des Kartenmaterials hat uns beschäftigt, und Herr Baeumker hat uns vorgestern einen Vortrag darüber gehalten.

Ich bitte Sie, die Entlastung des Gesamt- und geschäftsführenden Vorstandes gütigst aussprechen zu wollen. Wenn jemand gegen die Geschäftsführung Bedenken vorzubringen hat, so bitte ich ihn, sich zu melden. — Es geschieht nicht. Ich danke Ihnen für das Vertrauen. Wir werden uns bemühen, auch weiterhin die Wissenschaftliche Gesellschaft in Ihrem Sinne zu führen.

Satzungsänderung.

Wir kämen nunmehr zur Satzungsänderung. Die Namen der Mitglieder der Satzungskommission sind Ihnen vorhin bekanntgegeben. Diese Kommission hat eine Reihe von Entwürfen und Gegenentwürfen gemacht, die eingehend durchberaten wurden. Schließlich ist der vorliegende Entwurf zustandegekommen. Diesen Entwurf hat jedes Mitglied rechtzeitig vor der heutigen Versammlung zur Gegenäußerung erhalten. Die verehrten Mitglieder sind gebeten worden, ihre Gegenvorschläge bis zum 4. Oktober der Geschäftsstelle einzureichen, damit sie nochmals durchberaten und berücksichtigt werden konnten. Auch das ist geschehen. Ich glaube mit Ihnen darin übereinzustimmen, daß wir hier nicht jeden Paragraphen nochmals vorlesen und durchberaten können. Wir würden höchstwahrscheinlich erst in Tagen mit dieser Arbeit fertig werden. Ich schlage Ihnen daher vor, daß nur die letzten Änderungen, die aus den Gegenäußerungen bis zum 4. Oktober entstanden sind, vorgelesen und eventuell durchberaten werden. Ich darf Sie aber schon jetzt bitten, diesen Änderungen Ihre Zustimmung nicht versagen zu wollen, damit wir möglichst bald durchkommen.

Ich bitte Herrn Hauptmann Krupp die letzten Änderungen des Entwurfes bekanntzugeben.

(Die einzelnen Paragraphen werden mit den Änderungen des Entwurfs verlesen.)

Vorsitzender: Das sind die wenigen Änderungen und Ausmerzungen von Schönheitsfehlern. Ich möchte Sie also aufrichtig bitten, die Satzung so zu genehmigen, wie sie nunmehr hier vorliegt — Widerspruch erhebt sich nicht — Damit ist die neue Satzung angenommen. Gott sei Dank. (Bravo!)

Dann kämen wir zum nächsten Punkt:

Wahl des Ortes für die Ordentliche Mitgliederversammlung 1921.

Die Mitgliederversammlung hat sowohl im vorigen als auch in diesem Jahre in Berlin stattgefunden. Dies ist dem Vorstande von mancher Seite verdacht worden. Auch mir wäre es lieber gewesen, wenn die diesjährige Versammlung an einem anderen größeren Orte hätte tagen können, und zwar möglichst in Süddeutschland, schon wegen der Werbung neuer Mitglieder. Die gegenwärtigen politischen, wirtschaftlichen und Verkehrsverhältnisse sind aber so unsicher, daß wir es nicht gewagt haben, aus Berlin herauszugehen, weil weit über die Hälfte sämtlicher Mitglieder in und um Berlin ihren Wohnsitz haben. Ich glaube kaum, daß wir über 600 Einschreibungen hätten, wenn wir schon in diesem Jahre z. B. nach München gegangen wären. Wir mußten unter allen Umständen darauf sehen, eine möglichst große Beteiligung zu erhalten, schon wegen der sehr wichtigen Satzungsänderung.

Der Gesamtvorstand glaubt nun, Ihnen, meine hochverehrten Damen und Herren, für die nächste Versammlung München vorschlagen zu sollen. Herr Professor Dr. Prandtl hätte uns gern in Göttingen gehabt. Der Gesamtvorstand hat sich aber auf München geeinigt. Darf ich Sie bitten, sich hierzu zu äußern? Es geschieht nicht, also ist München als nächster Versammlungsort angenommen.

Ich bitte Sie weiter, den Vorstand zu ermächtigen, daß, falls aus irgendwelchen triftigen, uns heute unbekannten Gründen und trotz unserer besten Absicht München ausfallen müßte, wir dann doch einen anderen Ort wählen können. Selbstverständlich werden Sie davon rechtzeitig verständigt. Es erhebt sich kein Widerspruch. Die gewünschte Ermächtigung ist damit erteilt.

Wir kommen zum letzten Punkt des geschäftlichen Teiles der Tagesordnung:

Verschiedenes.

Wünscht jemand hierzu das Wort? Es geschieht nicht.

Dann wäre der geschäftliche Teil unserer Sitzung erledigt bis auf einen letzten Punkt, den Ihnen zu unterbreiten mir nicht ganz leicht wird, weil ich wiederum an Ihre Opferwilligkeit apellieren muß. Die meisten Vereine, mit denen wir uns vergleichen können, so z. B. der Verein deutscher Ingenieure, der Verein Deutscher Elektrotechniker, der Verein Deutscher Eisenhüttenleute, die Schiffbautechnische Gesellschaft und andere mehr erheben einen um 100 vH erhöhten Beitrag. So weit möchten wir nicht gehen. Der Gesamtvorstand glaubt aber doch nicht umhin zu können, einen einmaligen Teuerungszuschlag von M. 20 zur Genehmigung vorzuschlagen. Vom Kapital, was auch heute noch verhältnismäßig gering ist, möchten wir nicht zehren. Vielleicht werden wir im Laufe des nächsten Jahres kapitalkräftiger, so daß dann die Zinsen und Jahresbeiträge ausreichen. Zurzeit aber kommen wir nicht aus. Also bitte ich um Bewilligung eines einmaligen Teuerungszuschlages von M. 20 für dieses Jahr. Es erhebt sich kein Widerspruch. Der Zuschlag ist damit angenommen. Ich danke Ihnen!

Major a. D. Professor von Parseval: Ich bitte die anwesenden Mitglieder der Versammlung um die Genehmigung, daß ich in Ihrem und in meinem Namen dem bisherigen geschäftsführenden, in Zukunft bloß einfach Vorstand zu nennenden Gremium den herzlichen Dank der Versammlung ausspreche für ihre vorzügliche und namentlich auch in finanzieller Beziehung erfolgreiche Leitung der Gesellschaft. (Lebhafter Beifall.)

Vorsitzender: Meine Damen und Herren! Ich nehme diesen Dank in erster Linie für meine Mitarbeiter an und hoffe, daß wir auch im nächsten Jahre zu Ihrer Zufriedenheit arbeiten werden.

VORTRÄGE DER VI. ORDENTLICHEN MITGLIEDER-VERSAMMLUNG

I. Beziehungen zwischen der Betriebssicherheit der Flugzeuge und der Bauart ihrer Kraftanlagen.

Vorgetragen[1]) von Adolf K. Rohrbach.

Allgemeine Bemerkungen und Erfahrungen über die Betriebssicherheit von Flugzeugen.

Eine der Hauptforderungen, die der Flugverkehr an das Flugzeug stellen muß, ist möglichst große Betriebssicherheit. Von einer ausreichenden Erfüllung dieser Forderung sind wir heute noch recht weit entfernt. Die verschiedenen Flugverkehrsgesellschaften haben leider die Erfahrung machen müssen, daß 2 bis 5 vH ihrer Flüge durch Notlandungen ihr Ende fanden.

Eine solche vorzeitige Landung bedeutet aber stets eine schwere Störung des Luftverkehrs. Selbst wenn sie auf einem vorbereiteten Landeplatz erfolgt, verlieren die Reisenden viel Zeit und viel Vertrauen zum Flugzeug, bevor sie ihr Ziel erreichen. Erreicht das herabgleitende Flugzeug aber keinen vorbereiteten Landeplatz, so bringt die Notlandung als solche außerdem noch Flugzeug und Insassen trotz aller Vorsicht in erhebliche Gefahr. Das geht schon daraus hervor, daß nach den bisherigen Erfahrungen der D.L.R. 20 vH aller Notlandungen Beschädigungen der Flugzeuge verursachten[2]). Um eine Verletzung von Personen bei Notlandungen möglichst zu vermeiden, sieht man beispielsweise Stoßfahrgestelle und Kollisionsräume, Anschnallgurte und Polsterungen sowie leichte Aussteigmöglichkeiten auch bei Rückenlage des Flugzeuges vor. Alle diese Hilfsmittel wird man natürlich auch am flugsichersten Flugzeug anwenden. Und mit welchem Erfolg man sie anwendet, geht daraus hervor, daß heute auf ungefähr 100000 Personen-km eine Verletzung von Personen kommt[3]). Eine der wichtigsten Aufgaben ist aber die Verminderung der Zahl der Notlandungen. Hierzu müssen die Ursachen dieser Notlandungen bekannt sein.

Nach den mir in entgegenkommender Weise zur Verfügung gestellten Erfahrungen der D.L.R.[1]) sind folgende Ursachen von Notlandungen zu unterscheiden:

In 51 vH der Fälle wurde die Notlandung durch Versagen der Kraftanlage herbeigeführt.
In 35 vH der Fälle war ungeeignetes Wetter und
in 14 vH der Fälle war Benzinmangel die Ursache.

Im ersten Jahr des Luftverkehrs London—Paris[4]) wurden 29 vH der Notlandungen durch Motordefekte und 71 vH derselben durch schlechtes Wetter verursacht. Man sieht hier deutlich den Einfluß der besonders im Winter ungünstigen atmosphärischen Verhältnisse über England.

Soweit die Notlandungen durch widrige Wetterverhältnisse, durch Benzinmangel oder durch falsche Maßnahmen der Besatzung veranlaßt werden, kann nur die Organisation des Verkehrs sie mit Streckenvorbereitung, Wetterdienst, Personalerziehung usw. bekämpfen.

[1]) Die zu Beginn des Vortrages sehr vorgerückte Zeit nötigte zur Weglassung kleiner Abschnitte der hier vollständigen Arbeit.

[2]) Nach dem Verfasser in entgegenkommender Weise zur Verfügung gestellten Auszügen aus den Flugtagebüchern der Deutschen Luftreederei.

[3]) Zeitung »Pro Belgica« Brüssel vom 10. 4. 20. Angaben des englischen Luftministeriums für sämtliche in England vom Mai bis Dezember 1919 ausgeführten nicht militärischen Flüge.

[4]) The Times vom 4. September 1919. Angaben des Civil Aerial Transport Committee.

Andererseits kann diese Verkehrsorganisation das Versagen des fliegenden Flugzeuges unwahrscheinlicher machen, indem sie für guten Zustand der Flugzeuge und Motoren sorgt. Mindestens ebenso wirksam kann aber der Erbauer der Flugzeuge zur Verminderung der Anzahl der Notlandungen beitragen.

Es soll daher untersucht werden, in welcher Weise durch zweckmäßige Bauart der Flugzeuge die Wahrscheinlichkeit des Eintritts von Notlandungen vermindert werden kann.

Wir stellen da zuerst als Erfahrungstatsache fest, daß das eigentliche Flugzeug — soweit seine Flügel, Leitwerk, Rumpf, Fahrgestell in Betracht kommen — fast nie im Fluge versagt, wenigstens ist mir kein einziger derartiger Fall bei guten Verkehrsflugzeugen gegenwärtig. Diese Verkehrserfahrung haben wir der Schulung durch den Kriegsflugzeugbau zu danken.

Häufiger führt die Unzulänglichkeit des Flug- und Fahrwerkes oder der Führung beim Start und bei der Landung zu Störungen.

Etwa 1,2 vH aller Starts und ungefähr 2,9 vH aller normalen Flugplatzlandungen beschädigten die Flugzeuge[1]). Eine Landung ist nach diesen Zahlen mehr als doppelt so gefährlich als ein Start. Die Bruchgefahr bei normalen Starts und Landungen wird man durch glatte, feste, gut gekennzeichnete Flugplätze sowie durch Verbesserungen der Fahrgestelle vermindern müssen. Während des Fluges hängt die Betriebssicherheit des Flugzeuges vorwiegend von der Zuverlässigkeit seiner Kraftanlage ab. Unter Kraftanlage sollen dabei sämtliche zum Betrieb der Luftschraube notwendigen Teile verstanden werden, also vor allem Betriebsstoff- und Ölanlage, Motoren mit etwa vorhandenen Untersetzungsgetrieben, Instrumenten, Kühler usw.

Störungen in der Kraftanlage können zunächst unmittelbar die Flugsicherheit gefährden, wenn ein Vergaserbrand das Flugzeug entzündet, oder wenn eine explodierende Luftschraube Rumpfholme, Steuerzüge oder andere »lebenswichtige« Teile des Flugzeuges trifft.

Diese letztgenannten und viele andere Gefahrquellen der Kraftanlage lassen sich indessen durch richtige Bauart sehr einschränken. Man kann es so einrichten (z. B. Maybachvergaser, Fallbenzin), daß Vergaserbrände keine Gefahr für das Flugzeug bedeuten. Bei geeigneter Anordnung der Luftschrauben und der Motorenfundamente vermag ein Propellerbruch wohl den Motor und seine Lagerung schwer zu beschädigen, aber nicht leicht die Sicherheit des Flugzeuges unmittelbar zu bedrohen, wie das z. B. der Fall wäre, wenn der Motor aus seinem Verband herausfiele.

Alle denkbaren Störungen der Maschinenanlage beeinträchtigen fast stets mittelbar die Flugsicherheit, indem sie ein Nachlassen oder den völligen Fortfall der Schraubentriebkraft zur mehr oder weniger mittelbaren Folge haben. Jede solche Verringerung der Geschwindigkeit und Steigfähigkeit bedeutet eine Einbusse an Flugsicherheit. Leider besteht wenig Aussicht, daß in absehbarer Zeit Motorenanlagen zur Verfügung stehen könnten, welche ebenso betriebssicher wären wie die übrigen Bauteile des Flugzeuges. Denn alle die

[1]) Nach dem Verfasser in entgegenkommender Weise zur Verfügung gestellten Auszügen aus den Flugtagebüchern der Deutschen Luftreederei.

bewegten Einzelteile der Motorenanlage müssen naturgemäß äußerst hoch beansprucht werden. Viele von ihnen nutzen sich daher stark ab oder zeigen Ermüdungserscheinungen des Materials. Da ferner stets mit einer unvollkommenen Instandhaltung der Anlagen zu rechnen ist, so wird es immer wieder vorkommen, daß Teile der Maschinenanlage während eines Fluges versagen.

Seit langem hat man sich daher bemüht, durch geeignete Bauart der Kraftanlage, wie z. B. durch Anordnung von zwei oder mehr Motoren das Versagen einzelner Motorenteile, welches man nicht verhindern kann, wenigstens möglichst unschädlich für die Flugsicherheit zu machen.

Ein Zweimotorenflugzeug beispielsweise kann zum mindesten einen sehr verlängerten Gleitflug machen, unter Umständen, auch ohne Höhe zu verlieren, weiterfliegen, wenn nur noch ein Motor läuft. Hierbei ist es natürlich verhältnismäßig recht unwahrscheinlich, daß auch der zweite Motor während dieser verlangsamten Fortsetzung des Fluges zum Stillstand kommt.

Da neben den Forderungen der Betriebssicherheit noch eine ganze Reihe anderer Bedingungen, z. B. eine gute Verteilung der Gewichte, günstige Lagerungsmöglichkeit der Motoren usw. zu berücksichtigen sind, wurde in der Praxis eine große Reihe der verschiedensten Anordnungen von mehrmotorigen Kraftanlagen ausgeführt. Diese Verschiedenartigkeit der Anordnungen ist ein Beweis einer gewissen Unsicherheit des technischen Urteils, wie sie ähnlich stets im Anfang einer technischen Entwicklung zu beobachten ist. Es sei nur erinnert an all die verschiedenartigen Flugapparate der ersten Zeit des Flugzeugbaues. Praktische Erfahrungen und wissenschaftliche Erkenntnis, die ja wieder nur konzentrierte Erfahrung darstellt, haben Ordnung in die damalige Vielheit der Flugzeugformen gebracht, so daß heute nur einige wenige Anordnungen der Flügel, des Leitwerkes, der Fahrgestelle usw. praktische Bedeutung haben. Ebenso werden die praktischen Erfahrungen und wissenschaftliche Erkenntnis zeigen, daß einige wenige Anordnungen von mehrmotorigen Kraftanlagen den übrigen an Betriebssicherheit so überlegen sind, daß nur diese noch Verwendung finden können.

Bekanntlich sind die verschiedenen Teile einer Kraftanlage, wie Propeller, Motor, Kühler, Tankanlage usw. durchaus nicht gleich zuverlässig. Wir brauchen daher zunächst ein Maß für die Größe der Betriebssicherheit von Einzelteilen einer Kraftanlage. Das Maß für die Betriebssicherheit der ganzen Anlage findet sich dann als einfache Funktion der Betriebssicherheiten ihrer Einzelteile.

1. Die Laufzeit als Maß für die Betriebssicherheit von Einzelteilen.

Das gesuchte Maß für die Betriebssicherheit eines Kraftanlageteiles findet sich zwanglos durch folgende Überlegung.

Wenn eine große Zahl gleichartiger Maschinenteile, beispielsweise Untersetzungsgetriebe im Verkehrsbetrieb benutzt werden, so ist anzunehmen, daß in ziemlich gleichmäßiger Verteilung ganz neue oder mittelalte Getriebe neben solchen laufen, die demnächst wegen zu großen Alters und zu großer Unzuverlässigkeit ausgewechselt werden müssen. Es werde eine Statistik geführt, welche feststellt:

1. Wieviel Flugstunden jedes Flugzeug und somit jedes Getriebe an jedem Tage betrieben wurde.
2. Wann Störungen an jedem Untersetzungsgetriebe vorkamen.

Die Gesamtzahl der zu Anfang eines jeden Fluges in Betrieb gesetzten Getriebes sei n. Die Zahl der während der Beobachtungszeit t vorkommenden Störungen sei x, so daß die Zahl y der jeweils noch in Betrieb befindlichen Getriebe

$$y = n - x \quad \ldots\ldots\ldots \quad (1)$$

Da Beobachtungen fehlen, wird zunächst angenommen, daß die auftretenden Störungen sich infolge der Mischung alter und neuer Getriebe gleichmäßig über die gesamte Zeitdauer, welche zwischen Anfang und Ende jedes einzelnen Fluges liegt, verteilen. Es gilt also für die Anzahl der Störungen:

$$x = n \cdot t \cdot \frac{1}{L} \quad \ldots\ldots\ldots \quad (2)$$

Der Faktor L stellt das gesuchte Maß für den Grad der Zuverlässigkeit der Untersetzungsgetriebe dar und bedeutet der Dimension nach eine Zeit. Der Faktor »L« werde daher die »Laufzeit« des Maschinenteiles genannt. Nach der obigen Gleichung kann die Laufzeit L definiert werden als die Zeit innerhalb welcher bei einer großen Anzahl n gleicher Maschinenteile n Betriebsstörungen vorkommen, so daß also jeder einzelne Teil durchschnittlich je eine Betriebsstörung erleidet.

Schreibt man Gleichung (2): $w = \frac{x}{n} = \frac{t}{L}$, so geben die Quotienten $\frac{x}{n}$ und $\frac{t}{L}$ die Wahrscheinlichkeit an, mit welcher darauf zu rechnen ist, daß in der Betriebsdauer t ein aus der Gesamtzahl von n Teilen herausgegriffenes bestimmtes Getriebe eine Störung erleidet.

Durch Ersatz von x durch $n - y$ wird aus Gleichung (2)

$$1 - \frac{y}{n} = \frac{t}{L} \quad \ldots\ldots\ldots \quad (3)$$

und durch Differentiation

$$\frac{dy}{dt} = -\frac{n}{L} \quad \ldots\ldots\ldots \quad (4)$$

Aus diesen Gleichungen geht hervor, daß die Zahl der in der Zeiteinheit eine Störung erleidenden Maschinenteile bei der obigen Annahme proportional der Zahl der anfangs im Betrieb gewesenen Teile und umgekehrt proportional der Laufzeit ist.

Die augenblickliche Betriebsunsicherheit eines einzelnen Maschinenteils, d. h. die Wahrscheinlichkeit, daß dieser Teil in der Zeiteinheit eine Störung erleidet, wird fernerhin als Unsicherheitsgrad s bezeichnet. Indem wir überlegen, daß $\frac{dy}{dt}$ auch proportional der Zahl der jeweils noch betriebsfähigen Teile und proportional dem zu dem gleichen Zeitpunkt gehörenden Mittelwert der Unsicherheitsgrade s der einzelnen Maschinenteile sein muß, setzen wir:

$$\frac{dy}{dt} = -ys \quad \ldots\ldots \quad (5)$$

Durch eine kleine Umformung erhalten wir aus Gleichung (4)

$$\frac{dy}{dt} = -y\frac{1}{L-t} \quad \ldots\ldots \quad (6)$$

Aus (5) und (6) findet sich

$$s = \frac{1}{L-t} \quad \ldots\ldots\ldots \quad (7)$$

Diese Abhängigkeit des Unsicherheitsgrades s eines einzelnen Maschinenteiles von seinem Betriebsalter ist in Abb. 1 zeichnerisch dargestellt, ebenso findet man dort die Zahl y der jeweils noch im Betriebe befindlichen Maschinenteile in ihrer linearen Zuordnung zur Zeit t aufgetragen.

Entsprechend der Definition der Laufzeit wird die Zahl y der noch in Betrieb befindlichen Getriebe gleich Null sobald die Betriebszeit gleich der Laufzeit ist, wobei der Betriebsunsicherheitsgrad s naturgemäß ins Unendliche wächst. Für die Wirklichkeit haben diese extremen Fälle keine Bedeutung. Der praktische Luftverkehr verwendet nur Maschinenteile, welche so betriebssicher sind, daß ihre Laufzeit ein vielfaches der größten Flugdauer beträgt.

Wird beispielsweise eine Flugdauer von 25 h angenommen, so zeigt Abb. 1, daß der Betriebsunsicherheitsgrad s jedes einzelnen Maschinenteiles durchschnittlich von $s = 0{,}01$ am Anfang auf $s = 0{,}0133$ am Ende der Flüge zugenommen hat. Dabei würden nach Abb. 1 während eines 25 h-Fluges 25 vH aller Maschinenteile eine Störung erlitten haben. Diese gestörten Teile werden nach der Landung durch neue ersetzt, so daß zu Beginn der nächsten Flüge wieder die ursprüngliche Gesamtzahl von n Teilen und der zugehörige durchschnittliche Unsicherheitsgrad $s = 0{,}01$ jedes einzelnen dieser Teile hergestellt wird.

Mit der eben hergeleiteten einfachen Funktion $s = \frac{1}{L-t}$ sei noch eine andere verglichen, indem der Betriebsunsicherheitsgrad σ = konstant angenommen wird.

Also:

$$\frac{dy}{dt} = -\sigma \cdot y \quad \ldots \ldots \quad (8)$$

Durch Integration und Anpassung der Lösung an die Anfangsbedingung $y = n$ für $t = 0$ erhält man:

$$y = n\,e^{-\sigma t} \quad \ldots \ldots \ldots \quad (9)$$

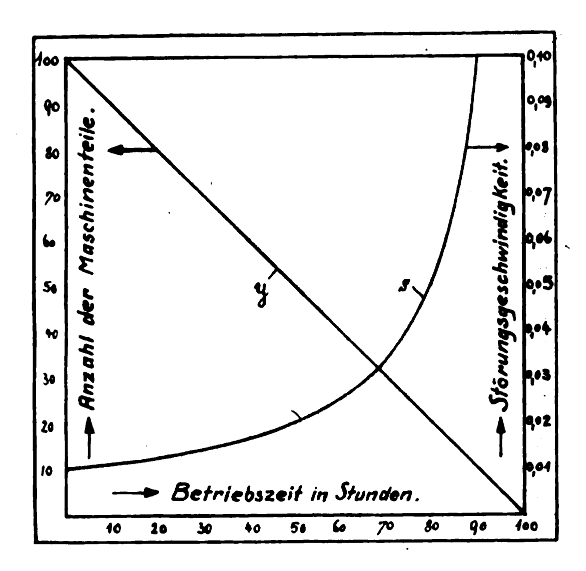


Abb. 1.

Dieser Beziehung entsprechend, wurde in Abb. 2 für verschiedene Werte von σ die Zahl y, der jeweils noch betriebsfähigen Maschinenteile über der zugehörigen Betriebszeit t aufgetragen.

Erst nach unendlich langer Betriebszeit hätten nach diesem Ansatz sämtliche zur Zeit $t = 0$ in Betrieb gesetzten n Maschinenteile eine Störung erlitten. Der Widerspruch zwischen diesem Ergebnis und der Erfahrung des praktischen Betriebes braucht nicht zu stören, weil im Luftverkehr tatsächlich nur im Verhältnis zur Laufzeit kurze Flugzeiten in Frage kommen.

Zum Vergleich mit der ersten Annahme $s = \frac{1}{L - t}$ wurde die in Abb. 1 enthaltene Gerade für die Anzahl y der jeweils noch betriebsfähigen Teile in Abb. 2 gestrichelt eingetragen. Diese aus Abb. 1 übertragene y-Gerade deckt sich für Betriebszeiten bis zu 10 h fast vollständig mit der zu $\sigma = 0{,}01$ gehörenden y-Linie. Auch die beiden anderen y-Kurven der Abb. 2 lassen sich bis zu einer Betriebszeit von 10 h ausreichend genau durch gerade Linien ersetzen. Faßt man diese Geraden entsprechend Abb. 1 und der Beziehung $s = \frac{1}{L - t}$ als y-Linien auf, so geben ihre Schnittpunkte auf der Abszissenachse 17 bzw. 40 h Laufzeit an. Die Betriebsdauer von 10 h beträgt demnach für die flachste y-Gerade 10 vH der Laufzeit, ebenso für die mittlere 25 vH und für die steilste sogar ungefähr 60 vH der Laufzeit.

Obwohl also die beiden Ansätze: $\sigma =$ konst. und $s = \frac{1}{L - t}$ bei im Vergleich zur Laufzeit langer Betriebsdauer grundverschiedene Verhältnisse ergeben, so ist doch bei den praktisch allein in Frage kommenden kurzen Flugdauern kein erheblicher Unterschied zwischen den Ergebnissen beider Annahmen zu erkennen. Der Einfachheit wegen seien daher weiterhin nur noch die zuerst abgeleiteten Beziehungen der Gleichungen (2), (4) und (7), wie sie auch in Abb. 1 zum Ausdruck gebracht sind, benutzt. Außer ihrer Einfachheit spricht für die Wahl dieser Beziehungen noch der Umstand, daß die darin enthaltene, mit wachsender Betriebsdauer anfangs langsame, später raschere Zunahme des Unsicherheitsgrades s des einzelnen Maschinenteiles den in der Wirklichkeit vorliegenden Verhältnissen am besten gerecht werden wird.

Obwohl die zeitliche Änderung des Unsicherheitsgrades s infolge der Mischung alter und neuer Teile die Wahrscheinlichkeit des Eintretens von Störungen während der im Verhältnis zur Laufzeit kurzen Dauer der einzelnen Flüge so gut wie gar nicht beeinflußt, wird sie in anderer Beziehung wichtig. Die Art der Abhängigkeit zwischen Unsicherheitsgrad und Betriebsdauer bestimmt nämlich vor allem die wirtschaftliche Lebensdauer der einzelnen Maschinenteile. Denn eigentlich sollten alle Teile, genau genommen, ersetzt werden, sobald ihr Weiterbetrieb so unsicher geworden ist, daß die Kosten für den Ersatz der Teile geringer sind als der Geldwert des Risikounterschiedes, der zwischen dem Betrieb der zu ersetzenden Teile einerseits und dem Betrieb der Ersatzteile anderseits besteht.

2. Beziehungen zwischen der Betriebssicherheit zusammengesetzter Kraftanlagen und der Laufzeit ihrer Einzelteile.

Die Art der Unterteilung der Kraftanlagen in Anlagegruppen ist eine Frage der Zweckmäßigkeit. Eine zu weit gehende Gliederung der Anlage macht die Rechnungen verwickelt, ohne das Ergebnis wirklichkeitstreuer zu machen, da heute nur geringe praktische Erfahrungen über die Betriebssicherheit der einzelnen Teile von Kraftanlagen vorliegen.

Es werden daher für die Folge alle Kraftanlagen als aus einigen wenigen Hauptteilen, nämlich: Propeller, Untersetzungsgetriebe, ausrückbare Kupplungen, Motor, Betriebsstoffanlage, Kühler, zusammengestellt gedacht.

Jeder kleine Maschineneinzelteil wird dabei einer bestimmten der genannten Anlagegruppen zugeordnet. Jede Gruppe der Kraftanlage hat eine gewisse Betriebssicherheit, welche durch eine entsprechende Laufzeit gemessen wird. Es wird weiterhin bezeichnet:

Die Laufzeit eines Propellers $= L_p$.
» » » Untersetzungsgetriebes $= L_g$.
» » » Motors $= L_m$.
» » einer ausrückbaren Kupplung $= L_k$.
» » » Betriebsstoffanlage $= L_b$.
» » » Kühleinrichtung $= L_k$.

Wenn die Größe der Einzellaufzeiten einer Reihe von solchen Anlagegruppen erfahrungsmäßig bekannt oder sonstwie gegeben sind, so ist damit auch die Betriebssicherheit einer jeden aus solchen Anlagegruppen zusammengesetzten Kraftanlage bestimmt. Die Betriebssicherheit der ganzen Kraftanlage wird gemessen durch ihre Störungswahrscheinlichkeit W.

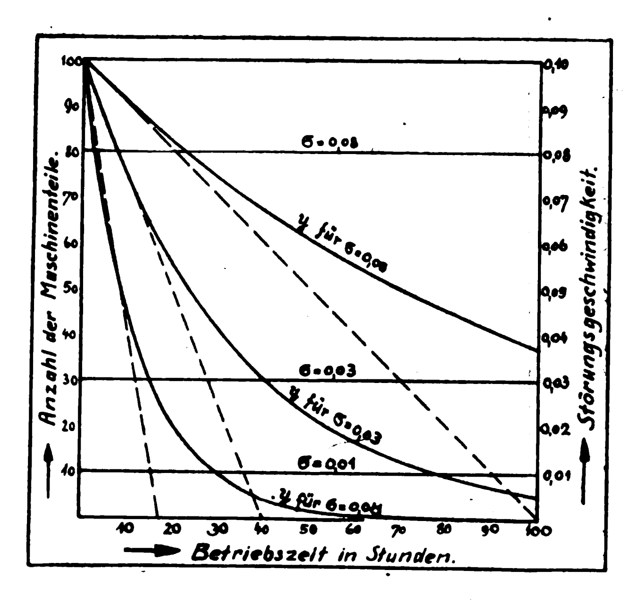


Abb. 2.

Hierbei entspricht die Definition für die Störungswahrscheinlichkeit völlig derjenigen für die Einzellaufzeit. Die Störungswahrscheinlichkeit läßt sich auf einfache Weise aus den Einzellaufzeiten nach den Rechnungsregeln der Wahrscheinlichkeitsrechnung finden.

Beispielsweise besteht zwischen der Störungswahrscheinlichkeit $W^{1/1}$ einer einfachen Kraftanlage, und den Einzellaufzeiten ihres Propellers, Motors, Kühlers und ihrer Betriebsstoffanlage die Beziehung:

$$W^{1/1} = \frac{t}{L^{1/1}} = \frac{t}{L_p} + \frac{t}{L_m} + \frac{t}{L_k} + \frac{t}{L_b} \quad . \; . \; . \quad (10)$$

wobei t die Flugdauer bedeutet.

Fügt man zur Verminderung der Propellerdrehzahl ein Untersetzungsgetriebe in diese Kraftanlage ein, so wächst die Wahrscheinlichkeit des Eintritts einer den Stillstand der Anlage herbeiführenden Betriebsstörung, denn hierfür gilt:

$$W^{1/1} = \frac{t}{L^{1/1}} = \frac{t}{L_p} + \frac{t}{L_g} + \frac{t}{L_m} + \frac{t}{L_k} + \frac{t}{L_b} \quad (11)$$

Ähnlich liegen die Verhältnisse bei G-Flugzeugen mit zwei gleichen Kraftanlagen. Die Wahrscheinlichkeit, daß die eine oder die andere von diesen beiden Anlagen während eines Fluges von der Zeitdauer t eine ihren Weiterbetrieb verhindernde Störung erleidet, ergibt sich aus:

$$W^{1/2} = \frac{t}{L^{1/2}} = \frac{2t}{L_p} + \frac{2t}{L_g} + \frac{2t}{L_m} + \frac{2t}{L_k} + \frac{2t}{L_b} \quad (12)$$

Ebenso findet sich die Wahrscheinlichkeit, daß beide Kraftanlagen eines G-Flugzeuges während ein und desselben Fluges von der Dauer t eine Störung erleiden und zum Stillstand kommen nach:

$$W^{2/2} = t^2 \cdot \left(\frac{1}{L_p} + \frac{1}{L_g} + \frac{1}{L_m} + \frac{1}{L_k} + \frac{1}{L_b} \right)^2 \quad (13)$$

In derselben Weise wurden für die nachstehend in Tafel 1 beschriebenen 15 verschiedenen Flugzeugkraftanlagen die Formeln der Tafel 2 aufgestellt, welche die Wahrscheinlichkeit des Versagens eines Teiles oder der ganzen Kraftanlage während eines Fluges von der Zeitdauer t angeben:

Tafel 1.

Anlage 1:	1 Motor mit Kühler, Betriebsstoffanlage und Luftschraube.
Anlage 2:	1 Motor mit Kühler, Betriebsstoffanlage, Untersetzungsgetriebe und Luftschraube.
Anlage 3:	2 Motoren, jeder mit eigenem Kühler und Betriebsstoffanlage, treiben über ein Sammelgetriebe, eine Luftschraube; zwei ausrückbare Kupplungen zwischen Motoren und Getriebe.
Anlage 4:	Wie Flugzeug Nr. 3, jedoch eine gemeinsame Betriebsstoffanlage für beide Motoren.
Anlage 5:	2 Motoren, jeder mit eigenem Kühler und Betriebsstoffanlage treiben jeder eine Luftschraube.
Anlage 6:	Wie Flugzeug Nr. 5, jedoch je ein Untersetzungsgetriebe zwischen Motor und Propeller angeordnet.
Anlage 7:	3 Motoren, jeder mit eigener Kühl- und Betriebsstoffanlage, treiben über ein Sammelgetriebe, eine Luftschraube; drei ausrückbare Kupplungen zwischen Motoren und Getriebe.
Anlage 8:	3 Motoren, jeder mit eigener Kühl- und Betriebsstoffanlage treiben jeder eine Luftschraube.
Anlage 9:	Wie Nr. 8, jedoch je ein Untersetzungsgetriebe zwischen Motor und Propeller angeordnet.
Anlage 10:	Wie Nr. 8, jedoch je zwei hintereinander geschaltete Zahnradgetriebe zwischen Motoren und Luftschrauben angeordnet, wie das z. B. beim Antrieb von Auslegerschrauben durch im Rumpf stehende Motoren der Fall ist.
Anlage 11:	4 Motoren, jeder mit eigener Kühl- und Betriebsstoffanlage treiben über ein Sammelgetriebe, eine Luftschraube; vier ausrückbare Kupplungen zwischen Motoren und Getriebe.
Anlage 12:	4 Motoren, jeder mit eigener Kühl- und Betriebsstoffanlage treiben paarweise über zwei Sammelgetriebe, zwei Propeller; 4 ausrückbare Kupplungen zwischen Motoren und Getriebe.
Anlage 13:	4 Motoren, jeder mit eigener Kühl- und Betriebsstoffanlage treiben jeder eine Luftschraube.
Anlage 14:	Wie Nr. 13, jedoch je ein Untersetzungsgetriebe zwischen Motoren und Propellern angeordnet.
Anlage 15:	Wie Nr. 13, jedoch je zwei hintereinander geschaltete Zahnradgetriebe zwischen Motoren und Propellern angeordnet.

Dabei wurden für die Wahrscheinlichkeit des Versagens der ganzen oder eines Teiles einer Kraftanlage während eines Fluges von der Zeitdauer t folgende Bezeichnungen benutzt.

Es sei die Wahrscheinlichkeit, daß die volle Leistung bei den Kraftanlagen Nr. 1 und 2 ausfällt = $W^{1/1}$

daß 1/2 der Leistung bei den Kraftanlagen Nr. 3—6 ausfällt = $W^{1/2}$
» 2/2 » » » » » » 3—6 » = $W^{2/2}$
» 1/3 » » » » » » 7—10 » = $W^{1/3}$
» 2/3 » » » » » » 7—10 » = $W^{2/3}$
» 3/3 » » » » » » 7—10 » = $W^{3/3}$
» 1/4 » » » » » » 11—15 » = $W^{1/4}$
» 2/4 » » » » » » 11—15 » = $W^{2/4}$
» 3/4 » » » » » » 11—15 » = $W^{3/4}$
» 4/4 » » » » » » 11—15 » = $W^{4/4}$.

Wie aus den in Tafel 2 zusammengestellten Formeln hervorgeht, hängt die Störungswahrscheinlichkeit in hohem Maße von der Zeitdauer t eines Fluges ab.

Bei den einmotorigen Kraftanlagen nimmt die Störungswahrscheinlichkeit naturgemäß proportional der Flugzeit zu. Das gleiche ist der Fall, wenn eine oder die andere Einheit einer Zwei- oder Mehrmotorenanlage zum Stillstand kommt.

Die Wahrscheinlichkeit, daß von zwei oder mehr Anlagegruppen — mögen diese untereinander gleich oder verschieden sein — zwei oder mehr während ein und desselben Fluges eine Störung erleiden, vergrößert sich proportional der zweiten, der dritten usw. Potenz der Flugdauer.

Bei mehrmotorigen Kraftanlagen (Nr. 3, 4, 7, 11) mit einem Propeller kann die volle Schraubenleistung entweder dadurch verloren gehen, daß Propeller oder Sammelgetriebe versagen, oder aber dadurch, daß der Betrieb sämtlicher Motoranlagen während des gleichen Fluges gestört wird. Dementsprechend setzt sich in diesen beiden Fällen der Ausdruck für die Störungswahrscheinlichkeit aus einem linear und einem in höherer Potenz von der Flugdauer t abhängenden Teil zusammen.

Es sei hier nochmals darauf hingewiesen, daß, wie bereits in Abschnitt 1, S. 29, gezeigt wurde, die in Tafel 2 zusammengestellten Formeln nur gelten, wenn die einzelnen Flüge nicht länger als etwa die Hälfte der Laufzeit der verwendeten Kraftanlagen dauern.

Zwischen Einzellaufzeit und Störungswahrscheinlichkeit einer zusammengesetzten Anlage besteht ja kein grundsätzlicher Unterschied. Die Laufzeit eines Motors z. B., welche für die Untersuchung der Betriebssicherheit einer vollständigen Flugzeugkraftanlage als Einzellaufzeit verwendet wird, stellt im Verhältnis zu den Laufzeiten der Motoreinzelteile, wie Ventile, Kolben, Welle, Zündung, Vergaser wieder die Störungswahrscheinlichkeit der ganzen Maschine dar.

3. Zahlenwerte der Einzellaufzeiten.

Die zahlenmäßigen Größen der Einzellaufzeiten müssen für jede Bauart der Maschinenteile, wie oben bereits dargelegt, durch eine Statistik der gesamten Betriebsstunden und der auf diese entfallenden Betriebsstörungen ermittelt werden.

Nur zwei solche Statistiken waren dem Verfasser erreichbar. Die eine wurde von der R-Fliegerabteilung 501 aufgestellt und betrifft die Erfahrungen von 110 Kriegsflügen mit R-Flugzeugen der Zeppelinwerke Staaken. Die Mehrzahl dieser Flugzeuge hatte 4 Motore. Die zweite Statistik umfaßt sämtliche von der deutschen Luftreederei in den Monaten Januar bis August 1920 ausgeführten Flüge. Der Verfasser ist dem Führer der Abteilung 501, Herrn Hauptmann v. Bentivegni und ebenso den Herren der deutschen Luftreederei für die Überlassung des wertvollen Erfahrungsmaterials sehr zu Dank verpflichtet. Die Kriegsflüge dauerten durchschnittlich 3 bis 8 h. Es wird für diese daher mit einer mittleren Flugdauer von 6 h gerechnet. Die Verkehrsflüge hatten eine mittlere Dauer von 1 ½ h. Folgende in Zahlentafel 3 zusammengefaßten Störungen ereigneten sich während der erwähnten 110 Kriegsflüge und während der 1262 Verkehrsflüge der deutschen Luftreederei.

Die in den drei ersten Zeilen von Tafel 3 angegebenen Störungen des Fluges durch feindliche Einwirkungen, durch schlechtes Wetter und durch das Versagen wichtiger Instrumente interessieren im Zusammenhang mit dieser Arbeit nicht und wurden nur der Vollständigkeit wegen angeführt.

Tafel 2.

Nr. der Kraft-anlage.	FLUGZEUGE MIT 1 MOTOR.			
1	$W_{1/1} = t\left(\frac{1}{L_p}+\frac{1}{L_m}+\frac{1}{L_k}+\frac{1}{L_b}\right)$			
2	$W_{1/1} = t\left(\frac{1}{L_p}+\frac{1}{L_g}+\frac{1}{L_m}+\frac{1}{L_k}+\frac{1}{L_b}\right)$			
	FLUGZEUGE MIT 2 MOTOREN.			
3	$W_{1/2} = 2t\left(\frac{1}{L_m}+\frac{1}{L_v}+\frac{1}{L_k}+\frac{1}{L_b}\right)$	$W_{2/2} = t\left(\frac{1}{L_p}+\frac{1}{L_g}\right)+2t^2\left(\frac{1}{L_m}+\frac{1}{L_v}+\frac{1}{L_k}+\frac{1}{L_b}\right)^2$		
4	$W_{1/2} = 2t\left(\frac{1}{L_m}+\frac{1}{L_v}+\frac{1}{L_k}\right)$	$W_{2/2} = t\left(\frac{1}{L_p}+\frac{1}{L_g}+\frac{1}{L_b}\right)+2t^2\left(\frac{1}{L_m}+\frac{1}{L_v}+\frac{1}{L_k}\right)^2$		
5	$W_{1/2} = 2t\left(\frac{1}{L_p}+\frac{1}{L_m}+\frac{1}{L_k}+\frac{1}{L_b}\right)$	$W_{2/2} = 2t^2\left(\frac{1}{L_p}+\frac{1}{L_m}+\frac{1}{L_k}+\frac{1}{L_b}\right)^2$		
6	$W_{1/2} = 2t\left(\frac{1}{L_p}+\frac{1}{L_g}+\frac{1}{L_m}+\frac{1}{L_k}+\frac{1}{L_b}\right)$	$W_{2/2} = 2t^2\left(\frac{1}{L_p}+\frac{1}{L_g}+\frac{1}{L_m}+\frac{1}{L_k}+\frac{1}{L_b}\right)^2$		
	FLUGZEUGE MIT 3 MOTOREN.			
7	$W_{1/3} = 3t\left(\frac{1}{L_m}+\frac{1}{L_v}+\frac{1}{L_k}+\frac{1}{L_b}\right)$	$W_{2/3} = 6t^2\left(\frac{1}{L_m}+\frac{1}{L_v}+\frac{1}{L_k}+\frac{1}{L_b}\right)^2$	$W_{3/3} = t\left(\frac{1}{L_p}+\frac{1}{L_g}\right)+6t^3\left(\frac{1}{L_m}+\frac{1}{L_v}+\frac{1}{L_k}+\frac{1}{L_b}\right)^3$	
8	$W_{1/3} = 3t\left(\frac{1}{L_p}+\frac{1}{L_m}+\frac{1}{L_k}+\frac{1}{L_b}\right)$	$W_{2/3} = 6t^2\left(\frac{1}{L_p}+\frac{1}{L_m}+\frac{1}{L_k}+\frac{1}{L_b}\right)^2$	$W_{3/3} = 6t^3\left(\frac{1}{L_p}+\frac{1}{L_m}+\frac{1}{L_k}+\frac{1}{L_b}\right)^3$	
9	$W_{1/3} = 3t\left(\frac{1}{L_p}+\frac{1}{L_g}+\frac{1}{L_m}+\frac{1}{L_k}+\frac{1}{L_b}\right)$	$W_{2/3} = 6t^2\left(\frac{1}{L_p}+\frac{1}{L_g}+\frac{1}{L_m}+\frac{1}{L_k}+\frac{1}{L_b}\right)^2$	$W_{3/3} = 6t^3\left(\frac{1}{L_p}+\frac{1}{L_g}+\frac{1}{L_m}+\frac{1}{L_k}+\frac{1}{L_b}\right)^3$	
10	$W_{1/3} = 3t\left(\frac{1}{L_p}+\frac{1}{L_g}+\frac{1}{L_m}+\frac{1}{L_k}+\frac{1}{L_b}\right)$	$W_{2/3} = 6t^2\left(\frac{1}{L_p}+\frac{1}{L_g}+\frac{1}{L_m}+\frac{1}{L_k}+\frac{1}{L_b}\right)^2$	$W_{3/3} = 6t^3\left(\frac{1}{L_p}+\frac{1}{L_g}+\frac{1}{L_m}+\frac{1}{L_k}+\frac{1}{L_b}\right)^3$	
	FLUGZEUGE MIT 4 MOTOREN.			
11	$W_{1/4} = 4t\left(\frac{1}{L_m}+\frac{1}{L_v}+\frac{1}{L_k}+\frac{1}{L_b}\right)$	$W_{2/4} = 12t^2\left(\frac{1}{L_m}+\frac{1}{L_v}+\frac{1}{L_k}+\frac{1}{L_b}\right)^2$	$W_{3/4} = 24t^3\left(\frac{1}{L_m}+\frac{1}{L_v}+\frac{1}{L_k}+\frac{1}{L_b}\right)$	$W_{4/4} = t\left(\frac{1}{L_p}+\frac{1}{L_g}\right)+24t^4\left(\frac{1}{L_m}+\frac{1}{L_v}+\frac{1}{L_k}+\frac{1}{L_b}\right)^4$
12	$W_{1/4} = 4t\left(\frac{1}{L_m}+\frac{1}{L_v}+\frac{1}{L_k}+\frac{1}{L_b}\right)$	$W_{2/4} = 2t\left(\frac{1}{L_p}+\frac{1}{L_g}\right)+12t^2\left(\frac{1}{L_m}+\frac{1}{L_v}+\frac{1}{L_k}+\frac{1}{L_b}\right)^2$	$W_{3/4} = 24t^3\left(\frac{1}{L_m}+\frac{1}{L_v}+\frac{1}{L_k}+\frac{1}{L_b}\right)^3+8t^2\left(\frac{1}{L_p}+\frac{1}{L_g}\right)\left(\frac{1}{L_m}+\frac{1}{L_v}+\frac{1}{L_k}+\frac{1}{L_b}\right)$	$W_{4/4} = 24t^4\left(\frac{1}{L_m}+\frac{1}{L_v}+\frac{1}{L_k}+\frac{1}{L_b}\right)^4+12t^3\left(\frac{1}{L_p}+\frac{1}{L_g}\right)\left(\frac{1}{L_m}+\frac{1}{L_v}+\frac{1}{L_k}+\frac{1}{L_b}\right)^2+2t^2\left(\frac{1}{L_p}+\frac{1}{L_g}\right)^2$
13	$W_{1/4} = 4t\left(\frac{1}{L_p}+\frac{1}{L_m}+\frac{1}{L_k}+\frac{1}{L_b}\right)$	$W_{2/4} = 12t^2\left(\frac{1}{L_p}+\frac{1}{L_m}+\frac{1}{L_k}+\frac{1}{L_b}\right)^2$	$W_{3/4} = 24t^3\left(\frac{1}{L_p}+\frac{1}{L_m}+\frac{1}{L_k}+\frac{1}{L_b}\right)^3$	$W_{4/4} = 24t^4\left(\frac{1}{L_p}+\frac{1}{L_m}+\frac{1}{L_k}+\frac{1}{L_b}\right)^4$
14	$W_{1/4} = 4t\left(\frac{1}{L_p}+\frac{1}{L_g}+\frac{1}{L_m}+\frac{1}{L_k}+\frac{1}{L_b}\right)$	$W_{2/4} = 12t^2\left(\frac{1}{L_p}+\frac{1}{L_g}+\frac{1}{L_m}+\frac{1}{L_k}+\frac{1}{L_b}\right)^2$	$W_{3/4} = 24t^3\left(\frac{1}{L_p}+\frac{1}{L_g}+\frac{1}{L_m}+\frac{1}{L_k}+\frac{1}{L_b}\right)^3$	$W_{4/4} = 24t^4\left(\frac{1}{L_p}+\frac{1}{L_g}+\frac{1}{L_m}+\frac{1}{L_k}+\frac{1}{L_b}\right)^4$
15	$W_{1/4} = 4t\left(\frac{1}{L_p}+\frac{1}{L_g}+\frac{1}{L_m}+\frac{1}{L_k}+\frac{1}{L_b}\right)$	$W_{2/4} = 12t^2\left(\frac{1}{L_p}+\frac{2}{L_g}+\frac{1}{L_m}+\frac{1}{L_k}+\frac{1}{L_b}\right)^2$	$W_{3/4} = 24t^3\left(\frac{1}{L_p}+\frac{2}{L_g}+\frac{1}{L_m}+\frac{1}{L_k}+\frac{1}{L_b}\right)^3$	$W_{4/4} = 24t^4\left(\frac{1}{L_p}+\frac{2}{L_g}+\frac{1}{L_m}+\frac{1}{L_k}+\frac{1}{L_b}\right)^4$

Tafel 3.

1	2			3			4			5			6	7	
Art der Störung	Gesamtzahl der Störungen			der Flugstunden			der Motorbetriebsstunden			Laufzeit in h			Verbesserung der Laufzeit durch Wartung	Laufzeit für Rechnung angenommen	
	R. Abt. 501	E.	D. L. R.	R. Abt. 501	E.	D. L. R.	R. Abt. 501	E.	D. L. R.	R. Abt. 501	E.	D. L. R.		gewartet	ungewartet
feindl. Einwirkung	4	—	—							—	—	—	—	—	—
Wetter	—	83	31							—	—	—	—	—	—
Wichtige Instrumente versagen	8 —	—	—							83	—	—	—	—	—
Motoren	21	—	27							126	—	70,5	79 v H	400	200
Kühler	8	—	12							330	—	158	109 v H	1600	800
Benzinanlagen	3	—	4							880	—	475	86 v H	1600	800
Propeller	—	—	2							—	—	950	—	8000	8000
Getriebe	9	—	—							294	—	—	—	600	600
ausrückbare Kupplung	—	—	—							—	—	—	—	2000	2000
Gesamtzahl der Störungen der Kraftanlage	41	33	45	660	3600	1900	2640	4000	1900	64,5	121	42,2	—	260	132

Sie zeigen deutlich, daß der Flug der Bombenflugzeuge viel seltener durch feindliche Gegenwirkungen gestört wurde als durch Mängel ihrer Kraftanlage. Vergleichsweise werden in den Spalten *E* auch die Zahlen für das erste Jahr des Luftverkehrs London—Paris mit angegeben[1]).

Diese, in der Tafel zusammengestellten, beobachteten Störungen der verschiedenen Teile der Kraftanlage dienten als Grundlage für die Abschätzung der in der letzten Spalte angegebenen Einzellaufzeiten, welche für die weiteren Berechnungen verwendet werden sollen.

Bei der Abschätzung der für die Weiterrechnung zu verwendenden Laufzeiten der letzten Spalte wurde in Betracht gezogen, daß es wenig Sinn hätte, lange Rechnungen unter unmittelbarer Benutzung der an — allerdings zum Teil umgebauten — Kriegsflugzeugen beobachteten Betriebssicherheiten anzustellen. Denn die seit dem Kriegsende gemachten technischen Fortschritte und vor allem die ruhigere, gut kontrollierte Arbeit eines sorgfältiger ausgewählten und geschulten Personales lassen eine wesentliche Erhöhung der Betriebssicherheit des Luftverkehrs gegenüber den bisher bei all den Hindernissen des Krieges und der Nachkriegszeit gemachten Erfahrungen erwarten. Die Laufzeiten der beiden letzten Spalten in Tafel 3 sind daher durchweg wesentlich höher als die beobachteten Laufzeiten angesetzt. Dabei wurden die Laufzeiten der einzelnen Anlagegruppen verschieden stark, nämlich im Verhältnis zu der voraussichtlich verschieden großen Schnelligkeit der Weiterentwicklung der betreffenden Gruppen erhöht.

[1]) The Times vom 4. September 1919. Angaben des Civil Aerial Transport Committee.

Tafel 4.

Wahrscheinliche Anzahl der Störungen bei 1000 Flügen.

Im Fluge gewartete Kraftanlagen.

Flugzeuge mit einem Motor.

Flugdauer	1 h	2 h	5 h	10 h
Anlage 1	3,86	7,75	19,3	38,6
Anlage 2	5,53	10,94	27,6	55,3

Flugzeuge mit zwei Motoren.

Art der Störung	$W^{1}/_{2}$				$W^{2}/_{2}$			
Flugdauer	1 h	2 h	5 h	10 h	1 h	2 h	5 h	10 h
Anlage 3	8,48	16,96	42,4	84,8	1,827	3,73	9,86	21,51
Anlage 4	7,25	14,5	36,25	72,5	2,44	4,94	12,73	26,72
Anlage 5	7,75	15,5	38,75	77,5	0,030	0,120	0,750	3,00
Anlage 6	11,05	22,1	55,25	110,5	0,062	0,244	1,530	6,10

Flugzeuge mit drei Motoren.

Art der Störung	$W^{1}/_{3}$				$W^{2}/_{3}$				$W^{3}/_{3}$			
Flugdauer	1 h	2 h	5 h	10 h	1 h	2 h	5 h	10 h	1 h	2 h	5 h	10 h
Anlage 7	12,75	25,5	63,75	127,5	0,1084	0,434	2,70	10,8	1,79	3,589	9,02	18,35
Anlage 8	11,62	23,24	58,1	116,2	0,0902	0,36	2,26	9,00	0,000350	0,00279	0,0437	0,350
Anlage 9	16,65	33,3	83,25	166,5	0,184	0,738	4,62	18,44	0,00102	0,00800	0,127	1,02
Anlage 10	21,65	43,3	108,25	216,5	0,31	1,24	7,78	31,1	0,002250	0,01800	0,282	2,25

Flugzeuge mit vier Motoren.

Art der Störung	$W^{1}/_{4}$				$W^{2}/_{4}$				$W^{3}/_{4}$				$W^{4}/_{4}$			
Flugdauer	1 h	2 h	5 h	10 h	1 h	2 h	5 h	10 h	1 h	2 h	5 h	10 h	1 h	2 h	5 h	10 h
Anlage 11	16,93	33,86	84,65	169,3	0,2154	0,862	5,38	21,54	0,00183	0,0146	0,228	1,83	1,79	3,59	8,95	18,5
Anlage 12	19,93	33,86	84,65	169,3	3,799	8,024	23,31	57,4	0,0626	0,367	1,746	7,881	0,006824	0,02889	0,2138	1,111
Anlage 13	15,48	30,96	77,4	154,8	0,18	0,72	4,56	18,04	0,00140	0,01115	0,175	1,40	0,0000054	0,0000865	0,00338	0,054
Anlage 14	22,13	44,26	110,65	221,3	0,368	1,472	9,22	36,8	0,0041	0,0326	0,508	4,08	0,0000227	0,000362	0,01415	0,227
Anlage 15	28,8	57,6	144,0	288,0	0,624	2,49	15,56	62,4	0,00900	0,072	1,12	9,00	0,0000645	0,001035	0,0403	0,645

Insbesondere wurde die Laufzeit der Kühler stark erhöht, weil die bisher beobachteten zahlreichen Kühlerstörungen meist in einem Undichtwerden von Schlauchschellen aus minderwertigem Gummi bestanden. Die Propellerlaufzeit wurde mit Rücksicht auf die allgemein beobachtete große Betriebssicherheit der Propeller gleich 8000 h gesetzt.

Die Kraftanlage der Riesenflugzeuge der R-Abteilung 501 wurde während des Fluges gewartet. Der Vergleich der in den R-Flugzeugen beobachteten Laufzeiten mit den Laufzeiten der im Fluge unzugänglichen Kraftanlagen der C-Flugzeuge der deutschen Luftreederei zeigt, wie in Spalte 6 angegeben, daß die Betriebssicherheit der zugänglichen Teile der Kraftanlage durch Wartung während des Fluges um 80 bis 110 vH erhöht wurde. Demgemäß wurden in Spalte 7 die Laufzeiten für während des Fluges gewartete Maschinenteile doppelt so hoch wie für nicht zugängliche Anlagegruppen angesetzt.

So gut wie der rechtzeitige menschliche Hilfsgriff die Betriebssicherheit wesentlich steigern kann, ebenso gut können Fehlgriffe der Bedienung — besonders leicht in einer komplizierten Anlage — den unbeabsichtigten Stillstand der Kraftanlage herbeiführen. So hat bekanntlich während des Krieges ein R-Flugzeug der Zeppelinwerke Staaken eine Notlandung gemacht, weil die militärische Besatzung infolge von Übermüdung sämtliche Benzinhähne zugedreht, statt geöffnet hatte.

Bei der Weiterrechnung mit den Einzellaufzeiten der Zahlentafel 3 ist folgendes Grundsätzliche im Auge zu behalten. Ebensogut wie man durch sorgfältige Prüfung der Baustoffe und gute Werkstattarbeit bei verschiedenen Flugzeugen desselben Typs annähernd die gleiche Festigkeit ihrer Flügel usw. erzielen kann, ebenso sicher wird man darauf rechnen können, daß verschiedene Motoren oder Untersetzungsgetriebe der gleichen Konstruktion bei gleich sorgfältigem Einbau und gleich guter Wartung ungefähr dieselbe Betriebssicherheit zeigen. Allerdings werden die verschiedenen Betriebsbedingungen, welche durch einen verschiedenen Einbau von beispielsweise an sich gleichen Motoren verursacht werden — man vergleiche nur die Anordnung eines Motors vorne im C-Flugzeug mit derjenigen desselben Motors im Rumpf eines R-Flugzeuges mit zentraler Maschinenanlage — gelegentlich eine Verschiedenheit ihrer Betriebssicherheit bewirken.

In Wirklichkeit haben Motore verschiedener Bauart, wie jeder erfahren hat, oft schon für sich sehr verschiedene Werte der Betriebssicherheit. Dasselbe gilt für andere Gruppen einer Flugzeugkraftanlage. So hat sich beispielsweise gezeigt, daß die Untersetzungsgetriebe, welche die Leistung von zwei Motoren auf eine beiden gemeinsame Luftschraube übertragen, eine geringere Lebensdauer hatten, als kleinere Getriebe, die zum verlangsamten Antrieb einer Schraube durch nur einen Motor dienten. Die Dauerhaftigkeit der Sammelgetriebe, welche die Leistung von 4 Motoren vereinigten, ergab sich als noch geringer als diejenige des Getriebes mit zwei Ritzeln.

Würde man versuchen, alle diese die Laufzeit ändernden Einflüsse von vornherein mit zu berücksichtigen, so erhielte man nur verwickeltere Rechnungen, ohne doch ein wahreres Ergebnis zu erlangen, solange nicht mehr Erfahrungen vorliegen. Es werden daher für alle weiterhin zu vergleichenden Kraftanlagen die Zahlenrechnungen mit den Einzellaufzeiten der Spalte 7 in Tafel 3 durchgeführt.

Die Unterschiede der Störungswahrscheinlichkeiten, welche allein durch verschiedene Anordnungen der Kraftanlagen bedingt werden, treten auf diese Weise unverschleiert durch andere Einflüsse deutlich hervor. Sie sind aber so erheblich, daß im Vergleich dazu eine geringe Änderung dieser oder jener Einzellaufzeit stets nur wenig bedeutet. Es wird sich

Tafel 5.

Wahrscheinliche Anzahl der Störungen bei 1000 Flügen.

Im Fluge nicht zugängliche Kraftanlagen.

Flugzeuge mit einem Motor.

Flugdauer	1 h	2 h	5 h	10 h
Anlage 1	7,58	15,2	37,9	75,8
Anlage 2	9,25	18,5	46,3	92,5

Flugzeuge mit zwei Motoren.

Art der Störung	$W_{1/2}$				$W_{2/2}$			
Flugdauer	1 h	2 h	5 h	10 h	1 h	2 h	5 h	10 h
Anlage 3	16,00	32,0	80,0	160,0	1,92	4,09	12,16	30,72
Anlage 4	13,5	27,0	67,5	135,0	3,13	6,45	17,51	39,6
Anlage 5	15,25	30,5	76,25	152,5	0,1156	0,464	2,892	11,56
Anlage 6	18,5	37,0	92,5	185,0	0,1716	0,686	4,28	17,16

Flugzeuge mit drei Motoren.

Art der Störung	$W_{1/3}$				$W_{2/3}$				$W_{3/3}$			
Flugdauer	1 h	2 h	5 h	10 h	1 h	2 h	5 h	10 h	1 h	2 h	5 h	10 h
Anlage 7	24,0	48,0	120,0	238	0,384	1,534	9,56	38,5	1,793	3,607	9,344	21,00
Anlage 8	22,8	45,6	114,0	228	0,348	1,390	8,70	34,80	0.00265	0,0212	0,331	2,65
Anlage 9	27,9	55,8	139,5	279	0,518	2,07	12,90	51,8	0,00482	0,0385	0,6030	4,82
Anlage 10	32,8	65,6	164,0	328	0,736	2,888	18,10	72,4	0,00790	0,0632	0,99	7,90

Flugzeuge mit vier Motoren.

Art der Störung	$W_{1/4}$				$W_{2/4}$				$W_{3/4}$				$W_{4/4}$			
Flugdauer	1 h	2 h	5 h	10 h	1 h	2 h	5 h	10 h	1 h	2 h	5 h	10 h	1 h	2 h	5 h	10 h
Anlage 11	32,0	64,0	160	320	0,768	3,074	19,24	76,8	0,0123	0,0985	1,530	12,3	1,793	3,60	9,05	18,89
Anlage 12	32,0	64,0	160	320	4,35	10,24	37,1	112,8	0,1293	0,6898	4,667	25,85	0,00791	0,03831	0,3939	3,004
Anlage 13	30,5	61,0	152,5	305	0,696	2,78	17,4	69,6	0,01057	0,0845	1,32	10,57	0,0000806	0,00129	0,0504	0,806
Anlage 14	37,0	74,0	185	370	1,035	4,14	25,8	103,5	0,0193	0,154	2,41	19,3	0,0001785	0,00286	0,112	1,785
Anlage 15	43,83	87,66	219	438	1,444	5,78	36,0	144,4	0,0317	0,253	3,91	31,7	0,0003470	0,00557	0,217	3,470

zeigen, daß man in vielen Fällen die Laufzeit gewisser Einzelteile, z. B. der Sammelgetriebe der Anlagen 7 und 11, um ein Vielfaches ändern kann, ohne die der Anordnung als solcher anhaftenden grundsätzlichen Nachteile dadurch zu beheben. Solche etwa vorhandene Unterschiede zwischen den Laufzeiten verschiedener Getriebekonstruktionen usw. sind dann bei der Würdigung der Ergebnisse zu beachten.

4. Zahlenwerte der Wahrscheinlichkeit einer Betriebsstörung bei Mehrmotorenanlagen.

Nach den Formeln der Tafel 2 wurden unter Anwendung der in Spalte 7 der Tafel 3 angesetzten Zahlenwerte der Einzellaufzeiten für Flugdauern von 1, 2, 5 und 10 h die Wahrscheinlichkeiten errechnet, mit welchen bei einer großen Zahl von Flügen Betriebsstörungen der Kraftanlage zu erwarten sind.

In Tafel 4 wurden diese Störungswahrscheinlichkeiten für während des Fluges gewartete Kraftanlagen zusammengestellt. Für während des Fluges nicht zugängliche Kraftanlagen finden sich die entsprechenden Zahlenwerte in Tafel 5.

In beiden Tafeln wurde die Anzahl der Flüge angegeben, bei welchen Störungen zu erwarten sind, wenn im ganzen 1000 Flüge ausgeführt werden. Zur besseren Übersicht wurden in Abb. 3 die Zahlenwerte der Tafel 4 und 5 zeichnerisch dargestellt und die errechneten Punkte durch Kurven verbunden.

Für die verschiedenen Arten von Störungen, z. B. $W_{1/1}$, $W_{1/2}$, $W_{2/2}$ usw., wurde je eine besondere Kurvenzusammenstellung gezeichnet, wobei jede Kurve die Störungswahrscheinlichkeit der durch die beigeschriebene Zahl gekennzeichneten Art von Kraftanlagen bedeutet.

Dabei geben die Abszissen die Flugdauer in Stunden an, während die Ordinaten die Wahrscheinlichkeiten des Eintrittes der betreffenden Störungen durch die Zahl der auf je 1000 Flüge entfallenden Störungen darstellen. Da es erwünscht ist, die sehr unwahrscheinlichen Störungen (wie z. B. $W_{4/4}$) mit der gleichen relativen Genauigkeit auftragen zu können, mit der die häufiger eintretenden Störungen verzeichnet sind, wurde für die Ordinaten ein logarithmischer Maßstab gewählt.

Wird die C-Flugzeugkraftanlage mit Untersetzung ausgeführt, so vermindert sich ihre Betriebssicherheit um ca. 20 vH.

Eine C-Flugzeugkraftanlage, deren Einzellaufzeiten durch Wartung während des Fluges in dem in Tafel 3 abgegebenen Maße erhöht werden könnten, würde etwa 40 vH weniger Störungen erleiden als eine ebensolche, aber während des Fluges nicht zugängliche Kraftanlage. Praktisch dürfte sich allerdings an einer Einmotorenanlage in der kurzen zur Verfügung stehenden Zeit und bei ihrer schlechten Zugänglichkeit wohl fast nie eine Reparatur ausführen lassen. Tatsächlich kommen also für die Einmotorenflugzeuge nur die Zahlen für im Fluge nicht zugängliche Anlagen in Betracht.

Die zu den Zweimotorenanlagen Nr. 3 bis 6 gehörenden Rechnungsergebnisse zeigen zunächst, daß bei allen vier Anordnungen die Wahrscheinlichkeit $W_{1/2}$ des Ausfallens der halben Motorleistung doppelt so groß ist als die Wahrscheinlichkeit der Störung einer in ihren Einzelteilen ebenso betriebssicheren C-Flugzeugkraftanlage. Die Wahrscheinlichkeit $W_{2/2}$, Ausfallen der vollen Motorleistung, ist bei 2 h Flugdauer für die Anlagen 3 und 4, deren beide Motoren gemeinsam einen großen Propeller treiben, etwa 10mal so groß als für die Anlagen 4 und 5, bei welchen die Kraftanlage aus zwei gleichen voneinander völlig unabhängigen Antriebsgruppen besteht. Gemeinsame Tanks für beide Motoren, Anlage 4, vermindern die Betriebssicherheit ungefähr halb so viel, wie das durch den Einbau eines Untersetzungsgetriebes geschieht. Da bei den Anlagen 3 und 4 der völlige Stillstand meistens durch eine Getriebestörung, viel seltener durch Stehenbleiben beider

Motoren während ein und desselben Fluges, erfolgt, kann $W^2/_2$ hier durch Wartung der Motoren während des Fluges nur unwesentlich vermindert werden. Nur eine Erhöhung der Betriebssicherheit des Getriebes kann bei den Anlagen 3 und 4 die Wahrscheinlichkeit $W^2/_2$ des Ausfallens der vollen Leistung wesentlich vermindern. Demgegenüber wird bei den aus zwei völlig getrennten Einheiten bestehenden Anlagen 5 und 6 die Störungswahrscheinlichkeit durch Wartung während des Fluges um 65 bis 75 vH vermindert.

Bei den Dreimotorenflugzeugen liegen die Verhältnisse ähnlich denen der Zweimotorbauarten. Die Störungswahrscheinlichkeit $W^1/_3$, Ausfall von $^1/_3$ der vollen Leistung, ist dreimal so groß als $W^1/_1$. Die relativen Unterschiede zwischen der Güte der verschiedenen Anordnungen sind bei $W^1/_3$ ungefähr die gleichen wie bei $W^1/_1$ und $W^1/_2$. Bei $W^2/_3$ treten diese Unterschiede, vor allem auch der Einfluß der Wartung während des Fluges, wesentlich mehr hervor. Vor allem zeigt aber die Zusammenstellung der Störungswahrscheinlichkeiten $W^3/_3$, Verlust der vollen Motorleistung, deutlich, wie sehr die Anlage 7 mit ihren auf eine gemeinsame Schraube gekuppelten drei Motoren den Anlagen 8 bis 10

Der Antrieb eines großen Propellers durch zwei oder mehr zusammengekuppelte Motoren ist demnach, vom Standpunkt der Betriebssicherheit aus gesehen, unbedingt zu verwerfen. Die dazu verwendeten Sammelgetriebe müßten eine ungefähr 200 mal so große Lebensdauer haben, als sie heute besitzen, wenn diese Bauart in Wettbewerb mit den Mehrschraubenanlagen treten sollte.

Die Unterschiede zwischen den nicht untersetzten Anlagen 5, 8, 13 und den untersetzten Anordnungen 6, 9, 14 sind, obwohl nicht unbeträchtlich, doch bei der Unsicherheit der bisherigen Kenntnis der Einzellaufzeiten zu klein, um für sich allein eine Entscheidung zugunsten der einen oder der anderen Antriebsart zu rechtfertigen.

Die Anordnung von zwei hintereinander geschalteten Untersetzungsgetrieben, meist Kegelradgetrieben, wie bei Anlage 10 und 15, geschieht meistens im Zusammenhang mit einer zentralen Aufstellung der Motoren im Flugzeugrumpf, um von da aus die seitlich angeordneten Propeller antreiben zu können. Obwohl die beiden Getriebe die Störungswahrscheinlichkeit der Anlage an sich wesentlich vergrößern, dürften diese Anlagen doch mit der direkt angetriebenen

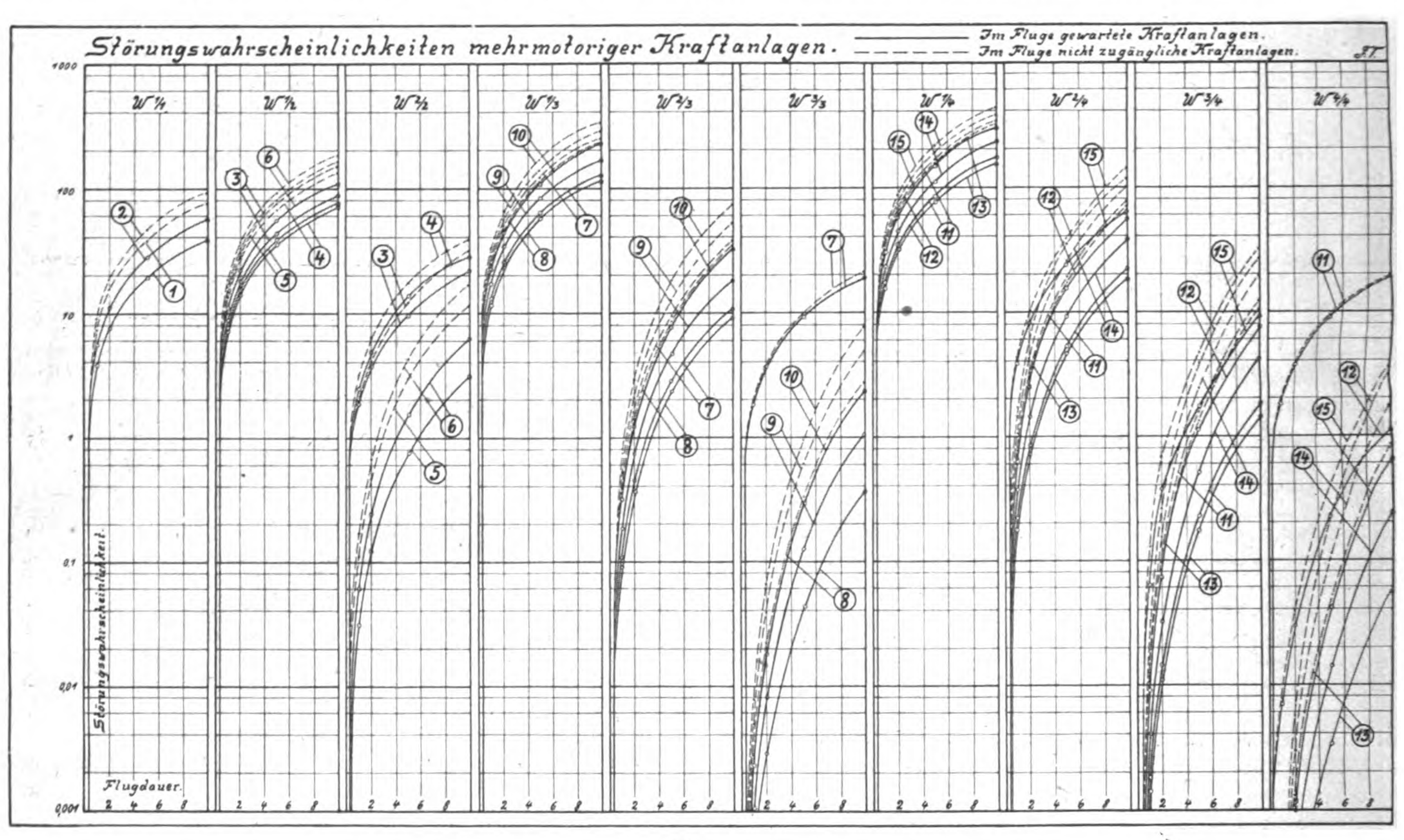


Abb. 3.

gegenüber im Nachteil ist. Bei 5 h Flugdauer und Wartung während des Fluges ist es ungefähr 200 mal wahrscheinlicher, daß von Anlage 7 die volle Leistung ausfällt, als daß dies bei Anlage 8 geschieht. Man bemerkt daher auch wieder, daß die Wartung der Motoren während des Fluges die Betriebssicherheit der Anlagen 8 bis 10 sehr wesentlich erhöht, während sie bei Anlage 7 fast ohne Einfluß auf $W^3/_3$ ist, da bei dieser Anlage die Betriebssicherheit des Getriebes, welche durch Wartung kaum verändert wird, ausschlaggebend für die Wahrscheinlichkeit des Versagens der vollen Leistung ist.

Auch bei den 4 motorigen Anlagen, bei welchen im übrigen ähnliche Verhältnisse wie bei den Dreimotorenanordnungen vorliegen, tritt wieder die große Störungswahrscheinlichkeit $W^4/_4$ der Anlage 11, bei welcher 4 Motoren auf eine Schraube gekuppelt sind, hervor, wobei aus den oben erwähnten Gründen die Wartung dieser Anlage während des Fluges keine merkbare Verbesserung bedeutet. Es ist ungefähr 10 mal so wahrscheinlich, daß bei der Viermotoren-Einschraubenanlage die ganze Leistung ausfällt, als daß von den völlig voneinander unabhängigen Einheiten der Anlage 13 drei Viertel versagen.

dezentralen Aufstellung der Motoren hinsichtlich der Zuverlässigkeit konkurrieren können, da infolge der guten Wartung während des Fluges ihre Störungswahrscheinlichkeit sowohl bei 2 wie bei 3 und 4 Motoren ungefähr der entsprechenden Störungswahrscheinlichkeit der ungewarteten dezentralen Anlage gleicht.

Falls eine Einheit einer Mehrmotorenanlage ausgefallen ist, kann es besonders bei heißem Wetter vorkommen, daß bei der verminderten Fluggeschwindigkeit die Kühler nicht mehr zur Kühlung der noch weiterlaufenden Motoren ausreichen. Dies führte beispielsweise zur Notlandung eines Farman-Goliath an der Küste Nordafrikas. Es sind daher Verbindungsleitungen vorzusehen, welche die Mitbenutzung der Kühler der stillstehenden Motoren durch die übrigen noch laufenden Motoren ermöglichen.

Die zahlenmäßig schon klar hervortretende Überlegenheit der Anlagen, welche aus mehreren völlig voneinander getrennten Einzelgruppen bestehen, dürfte sich in Wirklichkeit noch deutlicher zeigen. In vielen Fällen werden nämlich, wenn z. B. von mehreren Betriebsstoffanlagen eine ausgefallen ist, alle

Motoren noch bis zur Erreichung eines Flughafens aus den anderen noch unversehrten Betriebsstoffanlagen mittels einer geeigneten Umschaltungsmöglichkeit gespeist werden können.

Im Gegensatz zu diesen in der Rechnung nicht berücksichtigten Vorteilen der Mehrschraubenanlagen haben die Anlagen mit Sammelgetriebe noch folgenden großen hier bisher nicht erwähnten Nachteil. Wenn die eine große Luftschraube dieser Anlagen nur durch einen Teil der vorhandenen Motoren angetrieben wird, kann deren bei voller Drehzahl erreichbare Höchstleistung nicht voll ausgenutzt werden. Dabei wäre gerade in diesem Falle die völlige Ausnutzung der noch verfügbaren Antriebsleistung besonders erwünscht. Es werden sich dann zwei neue Gleichgewichtszustände einstellen, und zwar erstens zwischen dem Drehmoment der mit verminderter Drehzahl noch laufenden Motoren einerseits und dem Drehmoment der Luftschraube anderseits, und zweitens zwischen Schraubenschub und Flugzeugwiderstand. Diese beiden Gleichgewichtsbedingungen sind dadurch voneinander abhängig, daß das von den Motoren aufzubringende Schraubendrehmoment seinerseits wieder eine Funktion des Fortschrittsgrades, des Verhältnisses zwischen Fluggeschwindigkeit und Umfangsgeschwindigkeit der Schraube ist. Unter Benutzung von Versuchsergebnissen für die vorstehenden drei Abhängigkeiten lassen sich sämtliche Werte für den neuen Gleichgewichtszustand des Flugzeugantriebes für jeden bestimmten Fall berechnen. Man findet so, daß die Drehzahl der weiterlaufenden Motore zurückgeht, wodurch ein erheblicher Leistungsverlust auch noch bei diesen arbeitenden Motoren eintritt. Durch Verstellpropeller könnte man in diesem Fall Vorteile erzielen.

Auch wenn von den völlig voneinander getrennten Kraftanlagen eines Mehrschraubenflugzeuges eine ausfällt, vermindert sich die Fluggeschwindigkeit und ändert sich der Fortschrittsgrad der noch laufenden Schrauben. Die hierdurch bedingte Abnahme der Drehzahl und der Leistung der noch weiterlaufenden Motoren ist aber im Vergleich zu den Verhältnissen bei der Einschraubenanlage so gering, daß sie meist gar nicht beobachtet wird und vernachlässigt werden kann.

So erscheinen die Kraftanlagen, welche aus voneinander völlig unabhängigen Einheiten zusammengesetzt sind, den anderen an Betriebssicherheit unbedingt überlegen.

Um die hier für die Mehrmotorenflugzeuge errechneten Störungshäufigkeiten durch eine Statistik von in der Praxis beobachteten Störungen nachprüfen zu können, bedürfte es einer sehr großen Zahl von Beobachtungen. Die Zahl der Flüge, auf welche sich die Beobachtung und Statistik erstreckt, müßte proportional der Wahrscheinlichkeit des Eintrittes der nachzuprüfenden Störungen sein, wenn man gleiche relative Genauigkeit des Ergebnisses erzielen wollte.

Dem Verfasser sind nur folgende allgemeine Erfahrungen bezüglich der Betriebssicherheit von Mehrmotorenflugzeugen bekannt geworden. Es hat sich einwandfrei gezeigt, daß die zweimotorigen Heeresflugzeuge ganz erheblich mehr Notlandungen infolge Maschinenschadens ausführten als einmotorige Flugzeuge gleichen Verwendungszweckes. Diese zweimotorigen Flugzeuge konnten mit nur einem laufenden Motor nicht mehr fliegen. Die mehrmotorigen R-Flugzeuge erlitten zwar zahlreiche Maschinenschäden, sie wurden aber fast nie durch solche Betriebsstörungen zur Notlandung gezwungen. Von den verschiedenen R-Flugzeugbauarten wurden die Mehrschraubenflugzeuge dezentraler Anordnung, welche die größte Betriebssicherheit haben, in der weitaus größten Anzahl gebaut und verwendet. Alle diese Erfahrungstatsachen stehen im Einklang mit den Rechnungsergebnissen.

5. Beziehungen zwischen Notlandungswahrscheinlichkeit und Leistungsüberschuß.

Der Vergleich der Störungswahrscheinlichkeiten verschiedener Arten von Flugzeugkraftanlagen ermöglicht ein gewisses Urteil über die Brauchbarkeit der einzelnen Anlagen und zeigt, welche Teile derselben vor allem verbessert werden müssen, wenn man die Betriebssicherheit der ganzen Kraftanlage steigern will.

Man strebt geringe Störungswahrscheinlichkeit an, um die Zahl der Notlandungen — gemessen durch die Notlandungswahrscheinlichkeit — herunterzudrücken. Die Notlandungswahrscheinlichkeit hängt aber außer von der Störungswahrscheinlichkeit noch von anderen Größen ab. Je nach Bauart und Belastung wird ein Flugzeug auch nach Ausfall von beispielsweise der halben Leistung noch horizontal fliegen können oder einen Gleitflug beginnen müssen, der allerdings durch die noch zur Verfügung stehende andere Hälfte der Motorleistung wesentlich verlängert werden kann.

Es werden deshalb im folgenden die Beziehungen untersucht zwischen der Notlandungswahrscheinlichkeit und dem Leistungsüberschuß, von welchem ja die Flugfähigkeit bei nur teilweise zur Verfügung stehender Antriebsleistung in erster Linie abhängt. Zum Vergleich der Güte verschiedener Motorenzahlen wird diese Untersuchung hier für die Kraftanlagen Nr. 1, 5, 8, 13, welche aus unter sich gleichen, völlig voneinander unabhängigen Einheiten bestehen, durchgeführt.

5a. Das Einmotorenflugzeug.

Am einfachsten liegen die Verhältnisse für das Einmotorenflugzeug Nr. 1. Man erhält für seine Notlandungswahrscheinlichkeit $W_{n\,1/1}$, indem man in der Formel für seine Störungswahrscheinlichkeit $W_{1/1}$ (Tafel 2) die Zeit t durch $\frac{A}{V_{1/1}}$ ersetzt, ohne weiteres:

$$W_{n\,1/1} = W_{1/1} \cdot \frac{A}{V_{1/1}} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (14)$$

wobei A = zurückzulegende Entfernung in km und $V_{1/1}$ = Fluggeschwindigkeit in kmh.

Genau genommen führt das Versagen der Kraftanlage des Einmotorenflugzeuges nur zur Notlandung, wenn das Flugzeug noch so weit vom Ziel entfernt ist, daß es dieses nicht schon durch einen Gleitflug erreichen kann. Da die Gleitflüge auch der besten Flugzeuge bei völlig abgestellter Kraftanlage im Vergleich zu den Reisewegen nur kurz sind, wird die Länge des reinen Gleitfluges bei Ermittlung der Notlandungswahrscheinlichkeit nicht berücksichtigt.

5b. Das Zweimotorenflugzeug.

Beim Zweimotorenflugzeug ist die Ermittlung der Notlandungswahrscheinlichkeit etwas weniger einfach. Von den beiden Möglichkeiten: volle Flugfähigkeit auch noch mit der halben Leistung und volle Flugfähigkeit nur bei voller Leistung, sei zunächst die erste betrachtet. Es werden dabei folgende Bezeichnungen benutzt:

$W_{n\,1/2}$ = Notlandungswahrscheinlichkeit des mit halber Leistung noch flugfähigen Zweimotorenflugzeuges.
$W_{1/1}$ = Wahrscheinlichkeit, daß eine bestimmte von den beiden Einheiten der Kraftanlage eine Störung erleidet.
$W_{1/2}$ = Wahrscheinlichkeit, daß die halbe Leistung ausfällt.
A = Flugstrecke in km.
$V_{2/2}$ = Fluggeschwindigkeit mit voller Leistung.
$V_{1/2}$ = Fluggeschwindigkeit mit halber Leistung.

Durch Ersatz von t in der Formel für $W_{1/2}$ (Tafel 2) durch $\frac{A}{V_{1/2}}$ wird die Wahrscheinlichkeit des Ausfallens der halben Leistung:

$$W_{1/2} = \frac{2 \cdot W_{1/1} \cdot A}{V_{2/2}} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (15)$$

Die Flüge, bei denen nicht mehr als die halbe Leistung ausfällt, werden mittels des zweiten Motors mit der Geschwindigkeit $V_{1/2}$ bis zum Ziel fortgesetzt. Ein Teil der Flüge, während welcher nach Gleichung (15) die Hälfte der Kraftanlage gestört wird, findet durch Notlandung ein Ende, indem während dieser Flüge auch die zweite Einheit eine Störung erleidet. Der Verlust der ersten Hälfte der Leistung wird an sich zu jeder beliebigen Zeit während des Fluges eintreten können. Es ist daher zu erwarten, daß eine sehr große Zahl

solcher Störungen sich gleichmäßig über die ganze Flugstrecke A verteilen wird. Die mittlere Geschwindigkeit aller Reisen, während welcher die halbe Leistung ausfiel, wird somit gleich

$$\frac{V_{1/2} + V_{2/2}}{2}.$$

Die Zeit, während der bei diesen Flügen auch die zweite Hälfte der Kraftanlage gestört werden kann, ist:

$$\frac{2 \cdot A}{V_{2/2} + V_{1/2}}.$$

Es ergibt sich daher die Wahrscheinlichkeit, daß die beiden Einheiten während ein und derselben Reise eine Störung erleiden, zu:

$$W_{n\,1/2} = W_{1/2} \frac{2 \cdot W_{1/1} \cdot A}{v_{2/2} + v_{1/2}} \quad . \; . \; . \; . \; . \quad (16)$$

Durch Einsetzen von Gleichung (15) in (16) erhält man für die Notlandungswahrscheinlichkeit:

$$W_{n\,1/2} = \frac{4 \cdot W_{1/1}^2 \cdot A^2}{v_{2/2}\,(v_{2/2} + v_{1/2})} \quad . \; . \; . \; . \; . \quad (17)$$

Kann ein Zweimotorenflugzeug mit der halben Leistung nicht mehr horizontal fliegen, so gilt Gleichung (17) natürlich nicht mehr. Es ist dann zu berücksichtigen, daß schon der Ausfall des ersten Motors eine Notlandung herbeiführt, wenn das Flugzeug zur Zeit der Störung sich seinem Ziel nicht schon so weit genähert hat, daß es dasselbe mittels des durch den noch laufenden zweiten Motor verlängerten Gleitfluges schon erreichen kann. Die Länge dieses Gleitfluges mit vollaufendem zweiten Motor sei $A_{1/2}$. Die Zeit, während welcher schon eine Störung der ersten Hälfte der, bis dahin vollaufenden, Kraftanlage zur Notlandung führt, wird damit: $\frac{A - A_{1/2}}{V_{2/2}}$ und ebenso die Zeit, während welcher erst die Störung beider Einheiten den Flug vorzeitig beendet:

$$\frac{2 \cdot A_{1/2}}{V_{2/2} + V_{1/2}}.$$

Damit wird die Notlandungswahrscheinlichkeit der mit einem Motor nicht mehr flugfähigen Zweimotorenflugzeuge:

$$W_{n\,2/2} = \frac{2 \cdot W_{1/1}\,(A - A_{1/2})}{v_{2/2}} + \frac{4 \cdot W_{1/1}^2 \cdot A_{1/2}^2}{v_{2/2}\,(v_{2/2} + v_{1/2})} \quad . \quad (18)$$

5c. Das Dreimotorenflugzeug.

Für die Untersuchung der Dreimotorenflugzeuge werden folgende Bezeichnungen gewählt:

$W_{n\,3/3}$ = Notlandungswahrscheinlichkeit der Flugzeuge, welche nur mit allen drei vollaufenden Motoren flugfähig sind.
$W_{n\,2/3}$ = Notlandungswahrscheinlichkeit der Flugzeuge, welche mit zwei laufenden Motoren flugfähig sind.
$W_{n\,1/3}$ = Notlandungswahrscheinlichkeit der Flugzeuge, welche selbst mit einem laufenden Motor flugfähig sind.
A = Gesamte Flugstrecke.
$A_{1/3}$ = Gleitstrecke mit 1 laufenden Motor.
$A_{2/3}$ = » » 2 » Motoren.
$V_{3/3}$ = Fluggeschwindigkeit mit 3 laufenden Motoren.
$V_{2/3}$ = » » 2 » »
$V_{1/3}$ = » » 1 » Motor.

Zunächst wird die Gleichung für die Notlandungswahrscheinlichkeit des Dreimotorenflugzeuges, das mit einem laufenden Motor noch fliegen kann, aufgestellt:

Eine Ableitung, welche der für die Notlandungswahrscheinlichkeit des zweimotorigen Flugzeuges völlig entspricht, ergibt, daß die Wahrscheinlichkeit des Ausfallens von $^2/_3$ der ganzen Leistung dargestellt wird, durch:

$$W_{2/3} = \frac{12 \cdot W_{1/1}^2 \cdot A^2}{v_{3/3}\,(v_{3/3} + v_{2/3})} \quad . \; . \; . \; . \; . \quad (19)$$

Kann das Flugzeug auch mit $^1/_3$ der Vollgasleistung noch horizontal fliegen — und das kann bei sehr leichten, aerodynamisch guten Flugzeugen der Fall sein — so wird nur dann eine Notlandung erforderlich werden, wenn alle drei Einheiten der Anlage während desselben Fluges zum Stillstand kommen. Da die Reisestrecke in Gleichung (19) quadratisch vorkommt, ist damit zu rechnen, daß sich die Störungen, welche zwei Drittel der Kraftanlage außer Betrieb setzen, so über den ganzen Reiseweg A verteilen, daß sie sich gegen dessen Ende anhäufen. Und zwar wird die Häufigkeit der Störungen $W_{2/3}$ proportional A^2 mit der Länge des Reiseweges wachsen. Demnach nimmt die durchschnittliche Geschwindigkeit, mit welcher die einzelnen Punkte der Strecke A von den mit $W_{2/3}$ gestörten Flugzeugen überflogen werden, parabolisch von $V_{2/3}$ am Anfang auf $V_{1/3}$ am Ende aller Flüge, während welcher Störungen vorkamen, ab.

Die Zeit, während der auch die dritte Einheit der Kraftanlagen eine Störung erleiden kann, wird somit:

$$\frac{3\,A}{2 \cdot V_{2/3} + V_{1/3}}.$$

Die Wahrscheinlichkeit, daß alle drei Anlageeinheiten während ein und desselben Fluges eine Störung erleiden, ist gleich dem Produkt der Wahrscheinlichkeit $W_{2/3}$ und der Wahrscheinlichkeit des Eintrittes einer Störung an der dritten bis dahin allein noch laufenden Einheit.

Man erhält also die Notlandungswahrscheinlichkeit:

$$W_{n\,1/3} = \frac{36\,W_{1/1}^3\,A^3}{V_{3/3}\,(V_{3/3} + V_{2/3})\,(2\,V_{2/3} + V_{1/3})} \quad . \; . \quad (20)$$

In ähnlicher Weise, wie für das zweimotorige, findet man die Notlandungswahrscheinlichkeit auch für das dreimotorige Flugzeug, welches bereits nach Ausfall eines Teiles der Motoren nicht mehr horizontal fliegen kann. Man hat dabei, wenn das Flugzeug zwar mit zwei laufenden Motoren noch flugfähig, mit einem Motor aber nicht mehr flugfähig ist, zu beachten, daß nur während des Durchfliegens der Strecke $A - A_{1/3}$ der Ausfall von zwei Einheiten zur Notlandung führt. Auf der Strecke $A_{1/3}$, welche mit nur einem laufenden Motor, unter gleichzeitigem Verlust an Flughöhe, zurückgelegt wird, kann nur der Ausfall von allen drei Einheiten eine Notlandung verursachen. Man erhält demnach für die Notlandungswahrscheinlichkeit einen zweigliedrigen Ausdruck, dessen erstes Glied die auf der Strecke $A - A_{1/3}$, dessen zweites Glied die auf der Strecke $A_{1/3}$ sich ereignenden Notlandungen umfaßt. Die Notlandungswahrscheinlichkeit wird:

$$W_{n\,2/3} = \frac{12\,W_{1/1}^2\,(A - A_{1/3})^2}{V_{3/3}\,(V_{3/3} + V_{2/3})} + \frac{36\,W_{1/1}^3\,A_{1/3}^3}{V_{3/3}\,(V_{3/3} + V_{2/3})\,(2\,V_{2/3} + V_{1/3})} \quad . \; . \; . \; . \quad (21)$$

Für das schwere Dreimotorenflugzeug, welches bereits nach Ausfall einer seiner drei Einheiten an Höhe verliert, ist die ganze Flugstrecke A zur Ermittlung seiner Notlandungswahrscheinlichkeit in drei Abschnitte zu teilen. Während des Durchfliegens der Teilstrecke $A - A_{2/3}$ genügt schon das Versagen einer der drei Einheiten, um eine Notlandung zu verursachen. Dagegen führt auf der Strecke $A_{2/3} - A_{1/3}$ der Ausfall von zwei Einheiten, und auf der Strecke $A_{1/3}$ die Störung von allen drei Einheiten zur Notlandung. Die Notlandungswahrscheinlichkeit wird demgemäß:

$$W_{n\,3/3} = \frac{3\,W_{1/1}\,(A - A_{2/3})}{V_{3/3}} + \frac{12\,W_{1/1}^2\,(A_{2/3} - A_{1/3})^2}{V_{3/3}\,(V_{3/3} + V_{2/3})} + \frac{36\,W_{1/1}^3\,A_{1/3}^3}{V_{3/3}\,(V_{3/3} + V_{2/3})\,(2\,V_{2/3} + V_{1/3})} \quad . \; . \quad (22)$$

5d. Das Viermotorenflugzeug.

Für die Viermotorenflugzeuge gelten folgende Bezeichnungen:

$W_{n\,4/4}$ = Notlandungswahrscheinlichkeit der Flugzeuge, welche nur mit allen vier laufenden Motoren flugfähig sind.
$W_{n\,3/4}$ = Notlandungswahrscheinlichkeit der Flugzeuge, welche auch mit drei laufenden Motoren noch flugfähig sind.

$W_{n\,2/4}$ = Notlandungswahrscheinlichkeit der Flugzeuge, welche mit zwei laufenden Motoren noch flugfähig sind.
A = Gesamte Flugstrecke.
$A_{1/4}$ = Gleitstrecke mit einem laufenden Motor.
$A_{2/4}$ = » » zwei » Motoren.
$A_{3/4}$ = » » drei » »
$V_{4/4}$ = Fluggeschwindigkeit mit vier laufenden Motoren.
$V_{3/4}$ = » » drei » »
$V_{2/4}$ = » » zwei » »

Mit den heutigen Mitteln erscheint der Bau von Flugzeugen, welche mit $^1/_4$ ihrer Volleistung noch flugfähig wären, wenn auch nicht unmöglich, so doch in keinem Falle zweckmäßig. Die praktische Grenze liegt daher mit mehr oder weniger Leistungsüberschuß bei der Flugfähigkeit mit zwei noch laufenden Motoren. Zur Ermittlung der Notlandungswahrscheinlichkeit des mit zwei laufenden Motoren noch flugfähigen Viermotorenflugzeuges kann man die Flugstrecke A wieder in zwei Teilstrecken zerlegen. Während des Durchfliegens der Strecke $A - A_{1/4}$ führt der Ausfall von drei Motoren zur Notlandung. Dagegen würde auf der Strecke $A_{1/4}$ der Ausfall auch der vierten Einheit erforderlich sein, um eine Notlandung zu verursachen. Die Strecke $A_{1/4}$ ist aber stets praktisch so kurz, daß die Wahrscheinlichkeit des Versagens aller vier Motoren vernachlässigbar klein ist, im Vergleich zu den anderen Störungswahrscheinlichkeiten, welche erstens an sich größer sind, und außerdem während wesentlich längerer Flugzeiten eintreten können. Man erhält für die Notlandungswahrscheinlichkeit des mit zwei Einheiten noch flugfähigen Viermotorenflugzeuges:

$$W_{n\,2/4} = \frac{144\,W_{1/1}^3\,(A - A_{1/4})^3}{V_{4/4}\,(V_{4/4} + V_{3/4})\,(2\,V_{4/4} + V_{2/4})} + \dots \qquad (23)$$

In ähnlicher Weise findet sich die Notlandungswahrscheinlichkeit des mit drei Einheiten noch flugfähigen Viermotorenflugzeuges zu:

$$W_{n\,3/4} = \frac{24\,W_{1/1}^2\,(A - A_{2/4})^2}{V_{4/4}\,(V_{4/4} + V_{3/4})} + \frac{144\,W_{1/1}^3\,(A_{2/4} - A_{1/4})^3}{V_{4/4}\,(V_{4/4} + V_{3/4})\,(2\,V_{4/4} + V_{2/4})} + \dots \qquad (24)$$

und die Notlandungswahrscheinlichkeit des nur mit allen vier Einheiten horizontal flugfähigen Viermotorenflugzeuges:

$$W_{n\,4/4} = \frac{4\,W_{1/1}\,(A - A_{3/4})}{V_{4/4}} + \frac{24\,W_{1/1}^2\,(A_{3/4} - A_{2/4})^2}{V_{4/4}\,(V_{4/4} + V_{3/4})} + \frac{144\,W_{1/1}^3\,(A_{2/4} - A_{1/4})^3}{V_{4/4}\,(V_{4/4} + V_{3/4})\,(2\,V_{4/4} + V_{2/4})} + \dots \qquad (25)$$

Die hier hergeleiteten Formeln für die Notlandungswahrscheinlichkeiten von Flugzeugen mit ein bis vier Motoren werden in Tafel 6 zusammengestellt.

5e. Berechnung von Zahlenbeispielen.

Der Leistungsüberschuß, dessen Größe entscheidend die Flugfähigkeit mit einem gewissen Bruchteil der Volleistung beeinflußt, hängt besonders stark von der Leistungsbelastung der Flugzeuge ab. Es werden daher im folgenden die Notlandungswahrscheinlichkeiten einer Reihe von verschiedenen Flugzeugen, die sich nur durch ihre Leistungsbelastung unterscheiden, errechnet.

Die Flügelbelastung aller dieser Flugzeuge wird zu 50 kg/m² angenommen. Die Polare sei für alle diese Flugzeuge die gleiche. Modellversuche, welche im Auftrage der Zeppelinwerke, Staaken, in Göttingen ausgeführt wurden, haben gezeigt, daß der Anbau mehrerer Motore an die Flügel eines Eindeckers bei zweckmäßiger Ausführung den Widerstand des ganzen Flugzeuges durchaus nicht mehr beeinflußt, als dies durch den Einbau eines Motors in ein C-Flugzeug geschieht. Jedenfalls sind alle Änderungen der Polaren, welche bei gleich günstiger Ausbildung aller Formen allein durch die Ausführung verschiedener Flugzeuge mit gleicher Flügel- aber verschiedener Leistungsbelastung verursacht werden, von gleicher Größenordnung wie irgendwelche Zufälligkeiten der Ausführung. In ihrer Wirkung auf die Notlandungswahrscheinlichkeit sind solche kleine Änderungen der Polaren zu vernachlässigen gegenüber dem Einfluß einer verschieden großen Leistungsbelastung.

Um ein klares Bild zu bekommen, wurde ein Schraubenwirkungsgrad von 70% bei der jeweiligen Höchstgeschwindigkeit der einzelnen Flugzeuge der Rechnung zugrunde gelegt. Dieser Schraubenwirkungsgrad wurde für jedes Flugzeug

Tafel 6.

Notlandungswahrscheinlichkeiten verschiedener Flugzeuge.

Nr. der Kraftanlage	
	Flugzeuge mit einem Motor.
1	$Wn_{1/1} = W_{1/1}\,\frac{A}{V_{1/1}}$
	Flugzeuge mit zwei Motoren.
5	$Wn_{1/2} = \frac{4\,W_{1/1}^2\,A^2}{V_{2/2}\,(V_{2/2} + V_{1/2})}$
5	$Wn_{2/2} = \frac{2\,W_{1/1}\,(A - A_{1/2})}{V_{2/2}} + \frac{4\,W_{1/1}^2\,A_{1/2}^2}{V_{2/2}\,(V_{2/2} + V_{1/2})}$
	Flugzeuge mit drei Motoren.
8	$Wn_{1/3} = \frac{36\,W_{1/1}^3\,A^3}{V_{3/3}\,(V_{3/3} + V_{2/3})\,(2\,V_{3/3} + V_{1/3})}$
8	$Wn_{2/3} = \frac{12\,W_{1/1}^2\,(A - A_{1/3})^2}{V_{3/3}\,(V_{3/3} + V_{2/3})} + \frac{36\,W_{1/1}^3\,A_{1/3}^3}{V_{3/3}\,(V_{3/3} + V_{2/3})\,(2\,V_{3/3} + V_{1/3})}$
8	$Wn_{3/3} = \frac{3\,W_{1/1}\,(A - A_{2/3})}{V_{3/3}} + \frac{12\,W_{1/1}^2\,(A_{2/3} - A_{1/3})^2}{V_{3/3}\,(V_{3/3} + V_{2/3})} + \frac{36\,W_{1/1}^3\,A_{1/3}^3}{V_{3/3}\,(V_{3/3} + V_{2/3})\,(2\,V_{3/3} + V_{1/3})}$
	Flugzeuge mit vier Motoren.
13	$Wn_{2/4} = \frac{144\,W_{1/1}^3\,(A - A_{1/4})^3}{V_{4/4}\,(V_{4/4} + V_{3/4})\,(2\,V_{4/4} + V_{2/4})} + \dots$
13	$Wn_{3/4} = \frac{24\,W_{1/1}^2\,(A - A_{2/4})^2}{V_{4/4}\,(V_{4/4} + V_{3/4})} + \frac{144\,W_{1/1}^3\,(A_{2/4} - A_{1/4})^3}{V_{4/4}\,(V_{4/4} + V_{3/4})\,(2\,V_{4/4} + V_{2/4})} + \dots$
13	$Wn_{4/4} = \frac{4\,W_{1/1}\,(A - A_{3/4})}{V_{4/4}} + \frac{24\,W_{1/1}^2\,(A_{3/4} - A_{2/4})^2}{V_{4/4}\,(V_{4/4} + V_{3/4})} + \frac{144\,W_{1/1}^3\,(A_{2/4} - A_{1/4})^3}{V_{4/4}\,(V_{4/4} + V_{3/4})\,(2\,V_{4/4} + V_{2/4})} + \dots$

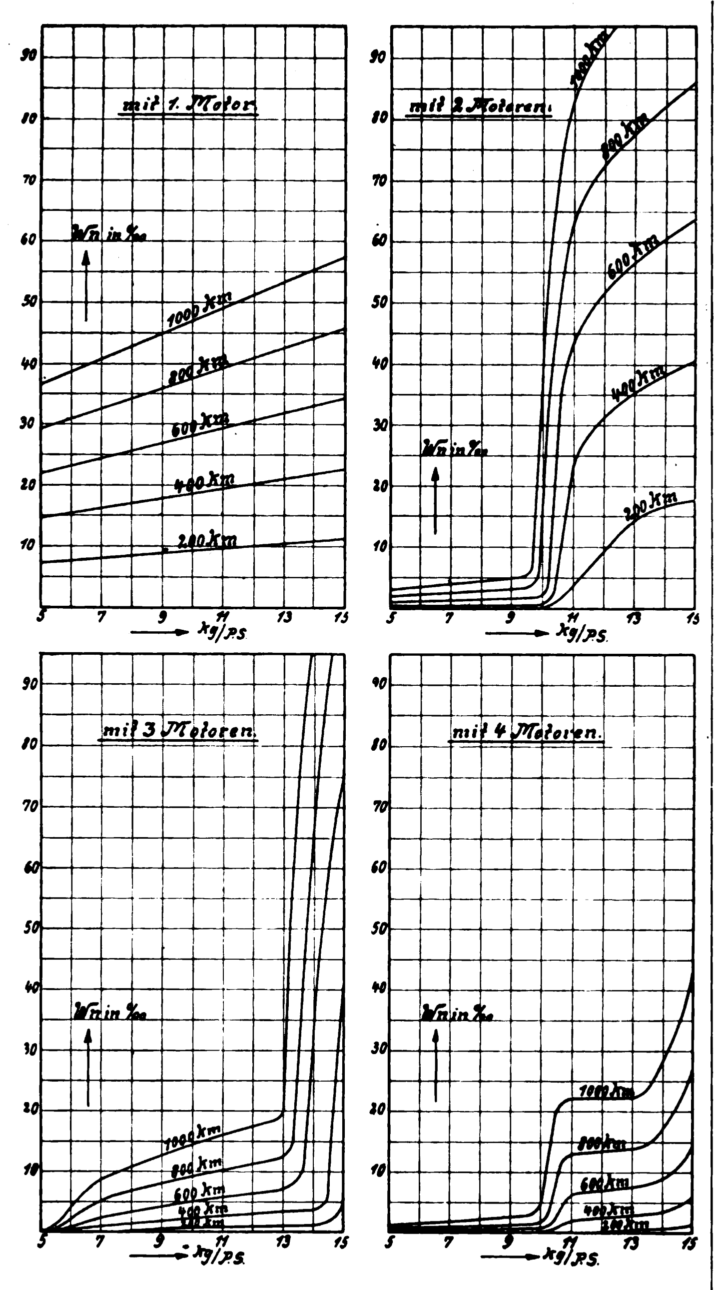


Abb. 4.

parabolisch mit seiner Fluggeschwindigkeit abnehmend angenommen. Diese Annahme steht im Einklang mit den Modellversuchen an 93 verschiedenen Propellern, welche Durand und Lesley beschrieben haben[1]).

Zunächst wurden die Geschwindigkeiten der einzelnen Flugzeuge mit ihrer verschiedenen Leistungsbelastung in der üblichen Weise berechnet[2]). Dabei wurden, um mittleren Windverhältnissen, kleinen Umwegen der Flugzeuge usw. Rechnung zu tragen, die weiter zu verwendenden Reisegeschwindigkeiten der Flugzeuge um 20 kmh kleiner als die errechneten Fluggeschwindigkeiten angesetzt und in Tafel 7 zusammengestellt.

Tafel 7.

Flugleistungen.

kg/PS	Geschwindigkeiten im km/h					Gleitstrecken in km				
	$V^1/_1$	$V^3/_4$	$V^2/_3$	$V^1/_2$	$V^1/_3$	$A^4/_4$	$A^2/_3$	$A^1/_2$	$A^1/_3$	$A^1/_4$
15	133	90	90	90	90	—	169	44	17	15
13	144	118	97	90	90	—	—	66	22	16
11	154	134	121	90	90	—	—	165	28	18
9	168	148	139	108	90	—	—	—	45	20
7	185	164	156	134	90	—	—	—	130	26
5	208	187	178	157	123	—	—	—	—	50

Ebenso wurden die Gleitstrecken berechnet, welche die verschiedenen Flugzeuge noch zurücklegen können, wenn ein so großer Teil ihrer Leistung ausgefallen ist, daß sie, ohne Höhe zu verlieren, nicht mehr schweben können. Zur Ermittlung dieser Gleitstrecken wurde angenommen, daß die Flugzeuge dabei aus einer Anfangshöhe von 1500 m auf eine Höhe von 500 m niedergleiten. Die Endhöhe von 500 m wurde gewählt, da der Luftdruck am Landungsplatz meist geringer als der Normaldruck für die Höhe Null ist. Da aus größeren Höhen als 1500 m wesentlich längere Gleitstrecken erzielt werden, und da der Luftdruck am Boden nur selten unter den Normaldruck für 500 m sinkt, sind die Gleitstrecken sehr vorsichtig angenommen, zumal auch für die Gleitgeschwindigkeit ein Abzug von 20 kmh von der errechneten Geschwindigkeit gemacht wurde.

Mittels der so gefundenen Zahlenwerte der Tafel 7 wurden nach den oben hergeleiteten Gleichungen (14) bis (25), die Notlandungswahrscheinlichkeiten für die einzelnen Flugzeuge mit verschiedener Leistungsbelastung errechnet, wie sie in Tafel 8 zusammengestellt sind.

Zur besseren Übersicht findet man die Werte der Tafel 8 in Abb. 4 zeichnerisch dargestellt.

[1]) Fourth annual report of the American National Advisory Committee for Aeronautics, 1918, p. 261.

[2]) T. B. III, 218. Rohrbach und Lupberger. Zeichnerisches Verfahren zum Berechnen der Geschwindigkeit und des Steigvermögens der Flugzeuge.

Tafel 8.

Wahrscheinliche Anzahl der durch Störungen der Kraftanlage bei 1000 Flügen verursachten Notlandungen.

	1. Motorenanlage Nr. 1					2. Motorenanlage Nr. 5				
kg/PS	200 km	400 km	600 km	800 km	1000 km	200 km	400 km	600 km	800 km	1000 km
15	11,37	22,75	34,1	45,5	56,9	17,9	40,8	63,8	86,6	109,7
13	10,55	21,1	31,7	42,2	52,75	14,2	35,4	56,5	77,7	99,0
11	9,85	19,7	29,6	39,4	49,2	3,64	23,44	43,27	62,97	82,78
9	9,02	18,1	27,1	36,1	45,1	0,20	0,80	1,80	3,20	5,00
7	8,20	16,4	24,6	32,8	41,0	0,157	0,629	1,415	2,52	3,93
5	7,30	14,6	21,9	29,2	36,5	0,122	0,490	1,10	1,96	3,06

	3. Motorenanlage Nr. 8					4. Motorenanlage Nr. 13				
kg/PS	200 km	400 km	600 km	800 km	1000 km	200 km	400 km	600 km	800 km	1000 km
15	5,86	40,24	74,54	109,0	143,5	1,14	5,95	14,55	26,8	43,1
13	0,635	2,87	6,71	12,1	19,2	0,664	2,84	7,23	13,7	22,1
11	0,486	2,265	5,36	9,75	15,5	0,0498	1,73	5,93	12,7	21,9
9	0,324	1,70	4,15	7,69	12,3	0,0157	0,148	0,527	1,28	2,54
7	0,0553	0,806	2,43	4,96	8,35	0,0103	0,1025	0,354	0,905	1,81
5	0,0031	0,0248	0,0837	0,198	0,387	0,00455	0,0577	0,224	0,568	1,155

Es zeigt sich deutlich, wie in der Nähe derjenigen Leistungsbelastung, welche die Grenze der Schwebefähigkeit mit einem gewissen Leistungsbruchteil bildet, die Notlandungswahrscheinlichkeit bei allen mehrmotorigen Flugzeugen außerordentlich stark veränderlich ist. Der stetige Übergang zwischen der Notlandungswahrscheinlichkeit der Flugzeuge, die mit einer gewissen Zahl, z. B. zwei Motoren, noch fliegen

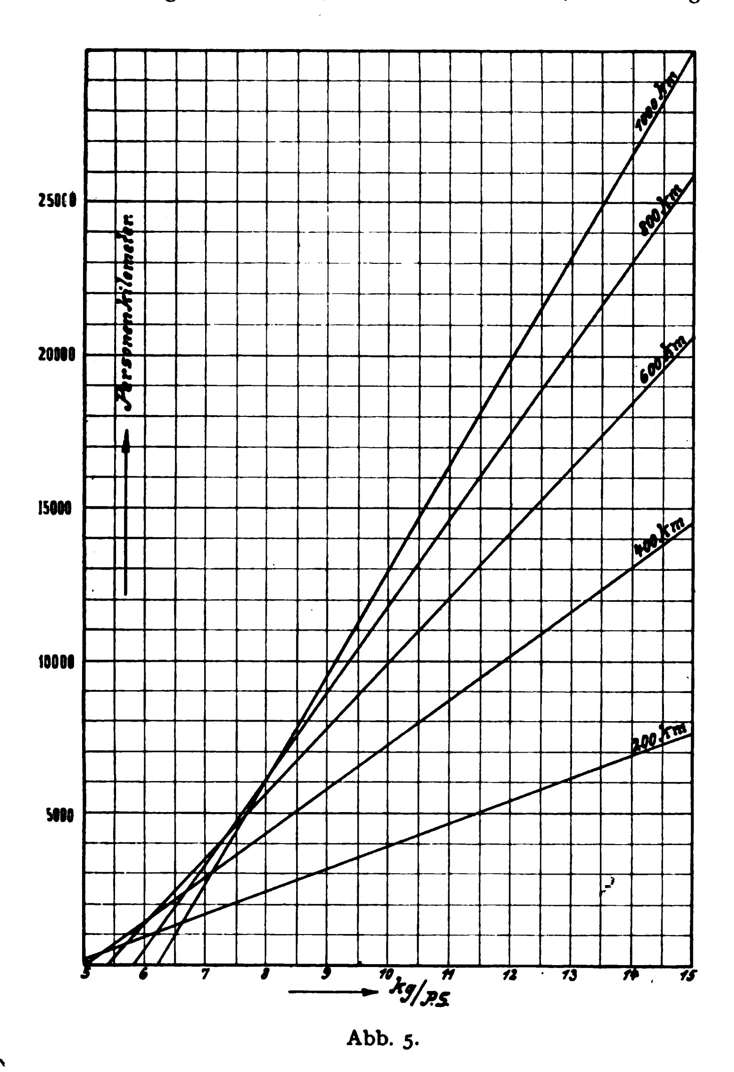


Abb. 5.

können, und der Notlandungswahrscheinlichkeit der Flugzeuge, die mit einer größeren Zahl, z. B. zwar nicht mit zwei, wohl aber mit drei Motoren noch flugfähig sind, kommt dadurch zustande, daß ein Flugzeug etwas unterhalb der Grenze der Flugfähigkeit nur sehr langsam an Höhe verliert und also noch einen sehr langen Gleitflug macht, bevor es zur Landung gezwungen ist. Dieser lange Gleitflug wird besonders bei kürzeren Reisestrecken häufig noch bis zum Zielhafen reichen.

Der Vergleich zwischen den Notlandungswahrscheinlichkeiten der Flugzeuge mit verschiedenen Motorenzahlen zeigt die in dieser Beziehung große Unterlegenheit des Einmotorenflugzeuges. Am günstigsten erscheint die Notlandungswahrscheinlichkeit des viermotorigen Flugzeuges. Nächst diesem ist das mit einem Motor noch flugfähige Zweimotorenflugzeug am sichersten. Bei ganz kleinen Leistungsbelastungen ist dagegen das mit einem laufenden Motor noch schwebefähige Dreimotorenflugzeug am weitaus besten. Flugzeuge mit so geringer Leistungsbelastung haben aber für den Luftverkehr keine praktische Bedeutung, da sie infolge ihrer geringen Nutzlast äußerst unökonomisch wären.

Bei anders gebauten Flugzeugen wird man etwas abweichende Werte für die Größe der Notlandungswahrscheinlichkeit erhalten. Im wesentlichen wird aber die Abhängigkeit der Notlandungswahrscheinlichkeit von Leistungsbelastung und Motorenzahl stets diesen Darstellungen ähnlich sein.

6. Beziehungen zwischen Notlandungswahrscheinlichkeit und Rentabilität des Flugverkehrs.

Zunächst ergibt eine einfache Überlegung, daß die Wahrscheinlichkeit, mit welcher zu erwarten ist, daß ein Reisender eine Notlandung miterlebt, direkt proportional der Notlandungswahrscheinlichkeit der Flugzeuge ist. Man darf wohl annehmen, daß das Vertrauen der Reisenden in das neue Verkehrsmittel und ihre Bereitwilligkeit, entsprechende Fahrpreise zu zahlen, in hohem Maße von der Zahl der Notlandungen, die sie miterleben, abhängen wird. Daher wird geringe Notlandungswahrscheinlichkeit den Verkehrsgesellschaften mit Rücksicht auf volle, gut zahlende Besetzung ihrer Flugzeuge äußerst erwünscht sein.

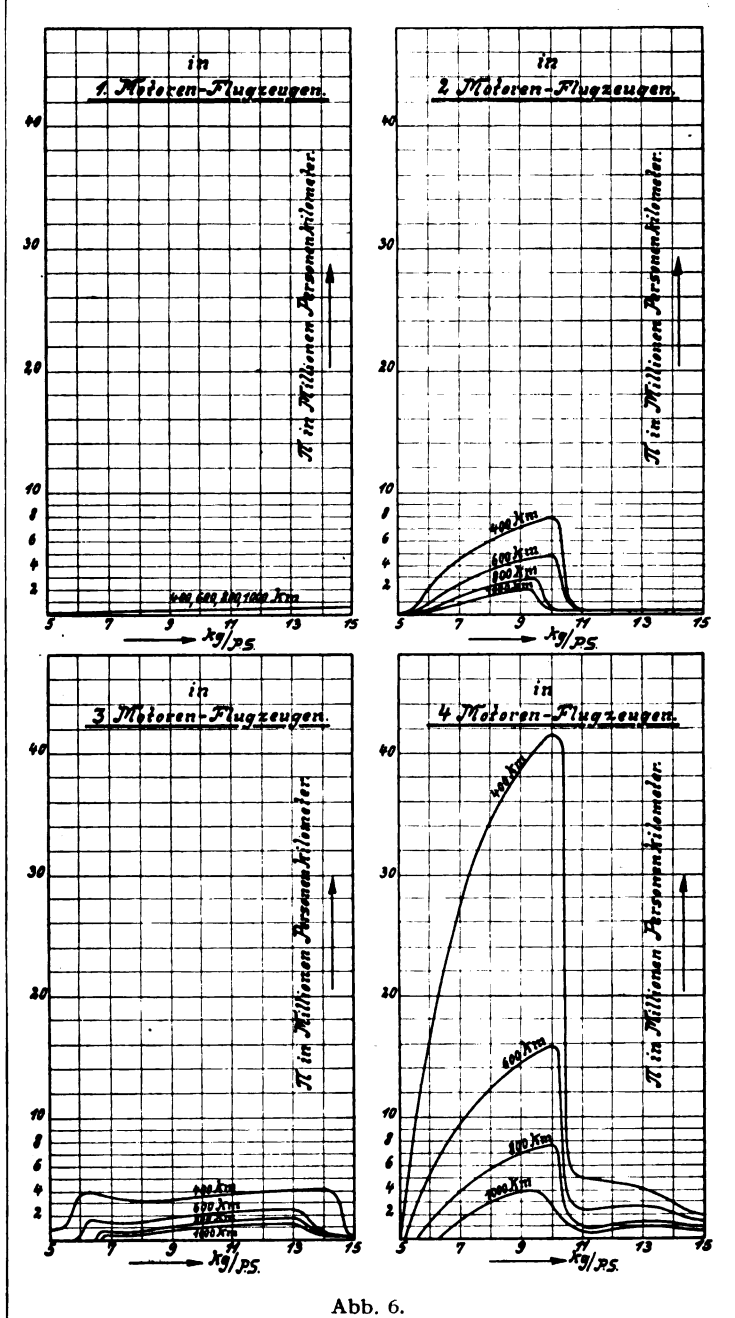


Abb. 6.

Die Notlandungswahrscheinlichkeit beeinflußt aber nicht nur die erzielbare Einnahme. Sie hat eine ebenso große Bedeutung für die Selbstkosten der Verkehrsunternehmungen. Denn ein sehr wesentlicher Teil dieser Selbstkosten entsteht durch Ausbesserungen und Erneuerungen der Flugzeuge. Soweit diese Ausgaben für die Kraftanlagen der Flugzeuge aufgewendet werden, wachsen sie annähernd proportional der Zeit, während welcher die Flugzeuge unterwegs sind. Diese

Ausgaben können bei einer Kalkulation der Selbstkosten des Flugverkehrs durch einen Erfahrungszuschlag zu den auf den Personen-km zu verrechnenden Kosten für Betriebsstoffe berücksichtigt werden. Anders steht es mit den Erhaltungs- und Erneuerungsausgaben für die eigentlichen Flugzeuge. Die Erfahrung hat gezeigt, daß diese sehr von der Bruchgefahr bei den Landungen abhängen. Nun ist aber, wie bereits auf S. 27 angegeben, die Bruchgefahr bei Notlandungen fast 10mal so groß wie bei normalen Flugplatzlandungen.

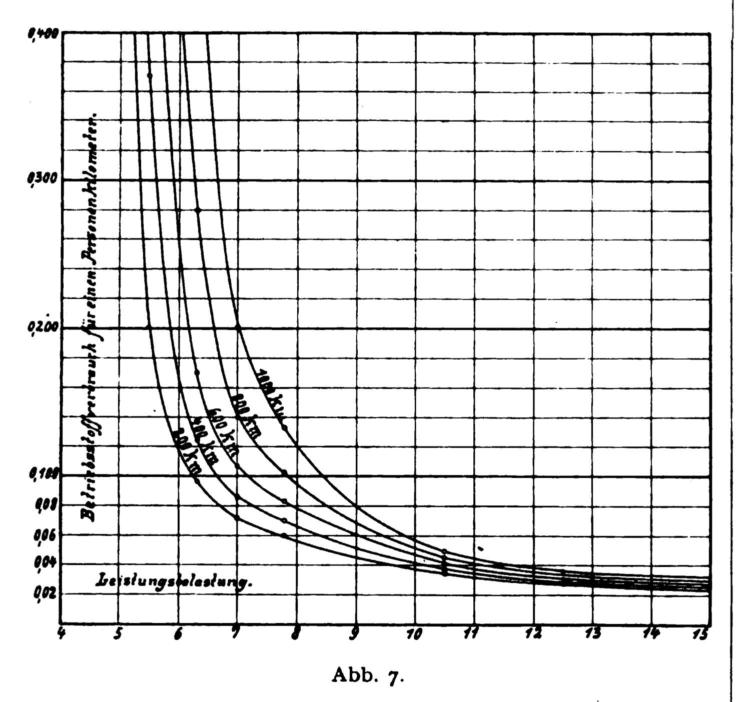


Abb. 7.

Jede Verminderung der Notlandungswahrscheinlichkeit wird also die Lebensdauer der Flugzeuge sehr erhöhen und dadurch sowie durch Ersparnis der Kosten für Abbeförderung der Flugzeuge, ihrer Ladung usw. die Selbstkosten des Verkehrs vermindern. Die Höhe der auf einen Nutzpersonen-km entfallenden, durch Notlandungen verursachten Ausgaben für Erneuerung usw. der eigentlichen Flugzeuge ist naturgemäß umgekehrt proportional der Zahl der Nutzpersonen-km, auf welche durchschnittlich eine Notlandung entfällt.

Für dieselben Flugzeuge, für welche die Notlandungswahrscheinlichkeiten berechnet wurden, wurde daher zunächst die Zahl der über Reisestrecken von 200, 400, 600, 800 und 1000 km beförderten Nutzpersonen-km errechnet. Zur Berechnung des Nutzgewichtes wurde dabei angenommen, daß jeweils ein Betriebsstoffvorrat an Bord ist, der zur Zurücklegung der ganzen Reisestrecke gegen einen Wind von 40 kmh ausreichen würde. Die Größe der Leergewichte der verschiedenen Flugzeuge wurde dabei nach den Konstruktionserfahrungen des Verfassers bestimmt.

Um den Einfluß, den eine Änderung der Flugzeuggröße auf die Nutzlast hat, auszuschalten, wurde für alle Flugzeuge eine Gesamtleistung von 500 PS zugrunde gelegt, so daß also Flugzeuge mit einem 500 PS-Motor, solchen mit zweimal 250 PS, mit dreimal 167 PS und mit viermal 125 PS gegenüber gestellt werden.

In Abb. 5 sind die über die einzelnen Reisestrecken von den mit verschiedener Leistungsbelastung gebauten Flugzeugen zu befördernden Personen-km zeichnerisch dargestellt. Indem man diese Zahlen der Nutzpersonen-km durch die zugehörige Notlandungswahrscheinlichkeit dividiert, findet man die Zahl π der planmäßig zu befördernden Personen-km, auf welche durchschnittlich eine Notlandung entfällt. Die Zahlenwerte von π sind in Tafel 9 zusammengestellt und in Abb. 6 veranschaulicht.

Auch hier zeigt sich wieder deutlich, daß das mit zwei Motoren noch flugfähige Viermotorenflugzeug die weitaus größte Verkehrssicherheit hat.

Nach diesem kommen in der Reihenfolge der Zuverlässigkeit die Flugzeuge mit zwei, mit drei und endlich mit einem Motor. In der kleinen Tafel 10 sind der Übersichtlichkeit wegen nochmals für eine Flugstrecke von 400 km die Notlandungswahrscheinlichkeit W_n und die Zahlenwerte von π für Flugzeuge mit einer Leistungsbelastung von 9 kg/PS angegeben.

Tafel 10.

Motorenzahl	1	2	3	4
Notlandungswahrscheinlichkeit W_n v T	18,1	0,80	1,70	0,148
Störungsfreie Personenkilometer (π)	318 000	7 180 000	3 380 000	38 900 000

Um zu dem wirtschaftlichsten Flugzeuge zu kommen, ist beim Entwurf von Flugzeugen ein möglichst günstiger Ausgleich zu suchen zwischen:

1. Geringen Unterhaltungskosten des eigentlichen Flugzeuges, welche vor allem durch die Zahl π charakterisiert werden, und wobei zu berücksichtigen ist, daß mehrmotorige Flugzeuge in der Anschaffung etwas teurer als gleichstarke Einmotorenflugzeuge werden.

2. Großem Vertrauen des Publikums, welches im wesentlichen der Größe der Notlandungswahrscheinlichkeit Wn entsprechen dürfte.

3. Geringen Betriebskosten, dargestellt durch den Betriebsstoffverbrauch für einen Nutzpersonen-km zuzüglich eines Zuschlages für die gleichfalls der Flugzeit proportionalen Unterhaltungskosten der Kraftanlage.

In Abb. 7 ist der Vollständigkeit wegen die Größe des Betriebsstoffverbrauches für den Nutzpersonen-km aufge-

Tafel 9.

Notlandungszahlen π.

	1. Motorenanlage Nr. 1					2. Motorenanlage Nr. 5				
kg/PS	200 km	400 km	600 km	800 km	1000 km	200 km	400 km	600 km	800 km	1000 km
15	676 000	635 000	605 000	569 000	528 000	430 000	354 000	324 000	299 000	273 000
13	590 000	555 000	517 000	483 000	445 000	438 000	331 000	290 000	262 000	237 500
11	478 000	442 000	409 000	374 000	338 000	1 290 000	371 000	279 500	234 000	188 500
9	354 000	318 000	284 000	249 500	215 500	15 950 000	7 180 000	4 280 000	2 820 000	1 940 000
7	210 000	176 000	142 500	108 000	74 400	10 950 000	4 590 000	2 475 000	1 410 000	775 000
5	35 000	1 370	—	—	—	2 090 000	58 900	—	—	—

	3. Motorenanlage Nr. 8					4. Motorenanlage Nr. 13				
kg/PS	200 km	400 km	600 km	800 km	1000 km	200 km	400 km	600 km	800 km	1000 km
15	1 310 000	359 000	277 000	238 000	209 000	6 750 000	2 430 000	1 420 000	965 000	588 000
13	9 800 000	4 080 000	2 443 000	1 680 000	1 225 000	9 360 000	4 120 000	2 260 000	1 485 000	1 064 000
11	9 680 000	3 840 000	2 260 000	1 510 000	1 006 000	94 200 000	5 030 000	2 040 000	1 157 000	758 000
9	9 840 000	3 380 000	1 855 000	1 170 000	790 000	202 000 000	38 900 000	14 600 000	7 040 000	3 820 000
7	31 200 000	3 590 000	1 440 000	716 000	366 000	167 000 000	28 200 000	9 880 000	3 920 000	1 680 000
5	82 000 000	807 000	—	—	—	56 000 000	346 000	—	—	—

tragen, wie sie sich für die dem bisherigen Vergleich zugrunde gelegten leichteren und schweren Flugzeuge bei verschiedenen Reisewegen, unter Annahme eines Gegenwindes von 20 kmh, ergeben.

Leider verbietet es sich bei der heutigen Unstabilität aller Preise, die oben genannten drei Größen durch Einsetzen des ihnen entsprechenden Geldwertes gewissermaßen auf denselben Nenner zu bringen und so das Minimum der materiellen Selbstkosten des Flugverkehrs zu suchen. Immerhin sieht man deutlich, daß die Aufwendungen für Instandhaltung und Erneuerung der Flugzeuge außerordentlich von der Motorenzahl, von der Leistungsbelastung und von der durchschnittlichen Länge der Flugstrecke abhängen. Im Gegensatz hierzu werden von allen Versicherungsgesellschaften für die verschiedenen Flugzeugtypen die gleichen Prämiensätze berechnet. Wenn auch die Zahlenwerte der oben durchgerechneten Zahlenbeispiele nicht unmittelbar verwendbar sind, so wäre es doch sehr zu begrüßen, wenn die Versicherungsgesellschaften bald auf Grund ihrer eigenen, aus einem großen Erfahrungsmaterial gewonnenen, Statistiken und Berechnungen ihre Prämiensätze entsprechend der verschiedenen Gefährdung der einzelnen Flugzeugklassen. abstufen würden. Damit würde die Weiterentwicklung des Flugzeugbaues wesentlich stärker in die Richtung möglichster Betriebssicherheit gedrängt als heute, wo der einzelnen Baufirma nur verhältnismäßig geringe Betriebserfahrungen über den Flugverkehr zur Verfügung stehen. Allerdings dürfte die Kaskoversicherung eines Flugzeuges dann nicht mehr wie bisher für einen gewissen Zeitraum, beispielsweise drei Monate, abgeschlossen, werden ohne Rücksicht darauf, wie oft und wie lange in dieser Zeit geflogen wird. Ähnlich wie schon heute Personen sich vor Antritt eines jeden Fluges durch einfache Eintragung ihrer Personalien in eine Liste gegen Unfall usw. versichern können, müßte jedes Flugzeug für jeden einzelnen Flug von neuem gegen Bruchschaden versichert werden; denn nur so werden die Versicherungsgesellschaften eine einwandfreie Zusammenstellung aller Flüge bekommen können.

7. Zusammenfassung.

Es wird zunächst festgestellt, daß nach den bisher vorliegenden Flugerfahrungen der größte Teil der Notlandungen durch Versagen der Kraftanlage herbeigeführt wird. Um die Betriebssicherheit des Flugverkehrs zu verbessern, ist daher vor allem die Zuverlässigkeit der Kraftanlage zu erhöhen. Als Maß für die Betriebssicherheit einzelner Teile einer Kraftanlage wird deren Laufzeit benutzt, nachdem gezeigt wurde, daß man die Laufzeit mit hinreichender Genauigkeit als von der Dauer der einzelnen Flüge unabhängig ansehen darf. Nach den Rechnungsregeln der Wahrscheinlichkeitsrechnung wird die Störungswahrscheinlichkeit zusammengesetzter Anlagen aus den Einzellaufzeiten ihrer Anlagegruppen gefunden; für 15 verschieden zusammengesetzte Kraftanlagen werden die Formeln aufgestellt. Nachdem die Werte der Laufzeiten verschiedener Anlagegruppen, wie sie sich nach den bis heute vorliegenden Erfahrungen des Flugverkehrs ergeben haben, mitgeteilt und besprochen sind, werden für die 15 verschiedenen Vergleichsanlagen die Störungswahrscheinlichkeiten aus den Laufzeiten zahlenmäßig für verschiedene Flugdauern berechnet. Es zeigt sich dabei unter anderem, daß die Kraftanlagen, welche aus völlig voneinander unabhängigen Einheiten bestehen, am betriebssichersten sind. Anschließend werden die Beziehungen zwischen Notlandungswahrscheinlichkeit und Leistungsüberschuß betrachtet. Bei der Aufstellung der Gleichungen hierfür zeigt sich, daß die Notlandungswahrscheinlichkeit sehr von der zurückzulegenden Entfernung abhängt und daß die Länge des Gleitfluges zu berücksichtigen ist, welchen ein Mehrmotorenflugzeug unter der diesen verlängernden Wirkung eines, zum Wagerechtflug nicht mehr ausreichenden, noch laufenden, Teiles seiner Kraftanlage ausführt. Diese Verhältnisse werden noch deutlicher an dem zugehörigen Zahlenbeispiel erkennbar. Endlich wird gezeigt, daß der Quotient π = Nutzpersonen-km durch Notlandungswahrscheinlichkeit, ein Maß für die Belastung der Selbstkosten des Personen-km durch die Erneuerungsausgaben für die eigentlichen Flugzeuge darstellt. Sowohl beim Vergleich der Notlandungswahrscheinlichkeiten, wie auch bei Betrachtung der Werte von π findet man, daß das Viermotorenflugzeug am betriebssichersten ist und daß in der Reihenfolge fallender Betriebssicherheit sich ihm das Zwei-, Drei- und Einmotorenflugzeug anschließen. Es wird darauf hingewiesen, welchen großen Ansporn die Versicherungsgesellschaften dem technischen Fortschritt geben könnten, wenn sie, anstatt wie bisher für alle Flugzeugarten die gleiche Prämie zu rechnen, nach dem Grade der Betriebssicherheit abgestufte Flugzeugklassen mit verschieden hohen Prämiensätzen schaffen würden. Dabei dürften die Flugzeuge allerdings nicht für eine gewisse Zahl von Monaten, sondern müßten für jeden einzelnen Flug versichert werden.

Aussprache:

Seppeler: Wir haben gehört, daß die Motoren diejenigen Teile der Flugzeuge sind, die zu allererst zu Unsicherheiten Veranlassung geben, obwohl der Motor eine viel längere Entwicklungszeit hinter sich hat als das Flugzeug. Der Grund liegt in der Wärme. Alle Materialien, die uns augenblicklich im Motorenbau zur Verfügung stehen, erleiden bei höherer Temperatur eine Verringerung ihrer Festigkeit und vor allem dehnen sie sich aus. Dieses Ausdehnen ist nun die Ursache, weswegen meistens unsere Motoren versagen. Es gibt Stahllegierungen, die wirklich fast gar keine Ausdehnungszahl besitzen. Die sind aber unerschwinglich teuer und lassen sich nicht bearbeiten. Im Kriege konnten wir unsere Versuche nicht auf ein Ausfindigmachen derartiger Materialien richten, weil verschiedene Stoffe nicht zu beschaffen waren. So möchte ich nochmals jedem Hüttenmann ans Herz legen, uns die Materialien zu beschaffen. Haben wir sie, wird auch der Motor dieselbe Sicherheit bekommen wie das übrige Trag- und Leitwerk.

Dr. Seehaase: Neben dem statistischen Material, das uns der Herr Vortragende vorgeführt hat, möchte ich einige bauliche Gesichtspunkte hervorheben. Die große Frage der Wirtschaftlichkeit der Verkehrsflugzeuge hat mir den Wunsch nahe gelegt, gerade von berufener Seite neue Anregungen zu erhalten. Die Wirtschaftlichkeit ist ja eigentlich identisch mit der Betriebssicherheit der Flugzeuge. Die Zahlenangaben des Herrn Vortragenden bewiesen ganz deutlich, daß die Betriebsunsicherheit der Kraftanlage ganz unverhältnismäßig hoch ist im Verhältnis zu der Sicherheit der Flugzeuge. Diese Zahlen geben keine Auskunft über die unwirtschaftliche Arbeit, die die sachgemäße Instandhaltung eines Flugzeugmotors für Verkehrsflugzeuge erfordert. Ich schätze diese Arbeit etwa auf 80 vH der gesamten aufgewendeten Arbeit. Woher kommt das? Wenn man sich einen Flugmotor ansieht, so findet man, daß viele lebenswichtige Teile von ihm aus zum Flugzeug gehen. Da ist vorn ein Rohr, hinten ein Kabel, hier eine Schraube, dort eine Pumpe usw.; man entdeckt ein ganzes Gewirre von Leitungen und Antrieben, die alle nicht zentralisiert sind. Man hilft sich damit, daß man die ganze Haube abnehmbar macht, daß man in dem Rumpf an lebenswichtigen Stellen Klappen anbringt, und überläßt es einer großen Anzahl von Monteuren und Betriebsleuten, da nachzusehen oder nicht nachzusehen. Bei gewissenhafter Ausführung kostet es so außerordentlich viel Geld, nach jedem Flug den Motor an jeder Stelle zu prüfen. Aufgabe der Flugzeugindustrie ist es jetzt, diese Mißstände zu beseitigen. Der Krieg hat uns keine Zeit dafür gelassen. Die Zeit dürfte jetzt gekommen sein. Ich möchte Ihnen hierzu einige Lichtbilder vorführen. (Lichtbild.)

Sie sehen schematisch angedeutet einen Flugzeugmotor. Es ist jetzt gedacht, daß alle Leitungen und alle Teile, die zur Regulierung und zum Antrieb des Motors dienen, gewissermaßen auf einem einzigen Schaltbrett vereinigt sind. Die Teile, die vom Schaltbrett zu den einzelnen Motorteilen gehen, müssen so betriebssicher und dauerhaft ausgeführt werden, daß nicht nach jedem Flug eine Wartung durchgeführt werden muß. Sie sehen, wie hier im Grundriß die verschiedenen Antriebs- und Rohrleitungen zentralisiert sind. (Lichtbild.) Sie sehen die einzelnen Anschlußstellen näher bezeichnet. Den Fachleuten ist wohl ohne weiteres klar, was damit gemeint ist.

Wenn es uns gelingt, das durchzuführen, brauchen wir nach Abschluß eines Fluges nur eine gut zugängliche Klappe zu öffnen, um nachzusehen, ob alles dicht ist oder nicht.

Die Frage der Dichtigkeitsprüfung ist noch nicht gelöst. Es ist unbedingt erforderlich, daß jede Kraftanlage eine Vorrichtung hat, durch welche die Rohrleitungen jedesmal auf Dichtigkeit geprüft werden können. Ich will vom Standpunkt des Flugzeugkonstrukteurs für die zentralisierte Schaltleitung und Dichtigkeitsprüfungsvorrichtung 10 Kilo konzedieren. Wie eine Leitungsanlage von einem zentralisierten Motor aussieht, kann ich in der Praxis an einem Flugzeug vorführen. Es handelt sich um einen Motor, der noch keinen zentralisierten Anschluß hat, wo wir aber durch provisorische Ausführung versucht haben, die Zentralisierung herbeizuführen. (Lichtbild.)

Sie sehen die ganzen Gestänge in den einzelnen Rohren, die an der Außenwand entlang gehen. Die Leitungen gehen also nicht durch den Führer- und Passagierraum. (Lichtbild.)

Sie sehen hier an der Steuerbordseite, wie der Kanal versehen ist mit einer leichten, wenig Luft durchlassenden Klappe. (Lichtbild.)

Diese Klappe kann der Flugzeugführer kurz vor dem Fluge aufnehmen. Es ist ja wohl keine Frage, daß in Zukunft der Flugzeugführer ein besseres Verständnis für diese Dinge haben muß, als es im Kriege zu erreichen war. Er kann selber die Druckprobe machen und dann mit gutem Gewissen fahren.

Ich glaube, es ist zweckmäßig, daß ich die Anregung hier an die Fachleute gebe, daß wir Motoren mit zentralisierten Anschlüssen bekommen.

Rohrbach (Schlußwort): Die nicht genügende Betriebssicherheit der Kraftanlagen wird man naturgemäß durch Wahl geeigneter Baustoffe für den Motor sowie durch einen möglichst zweckentsprechenden Einbau des Motors in das Flugzeug zu steigern suchen. Aber ich bin doch zu sehr Pessimist, um zu glauben, daß es auf diesem Wege gelingen sollte, in nächster Zeit Anlagen zu schaffen, die 10- oder 20mal so betriebssicher wären als die heutigen. Und das ist notwendig. Der Flugverkehr muß, um rentabel zu werden, 10-, 20-, möglichst 100mal so betriebssicher sein als heute. Der französische Luftverkehr hat auf 100000 beförderte Personen durchschnittlich eine Verletzung von Reisenden ergeben. Das ist viel zu viel. Darum glaube ich, daß hier beide Industrien nebeneinander arbeiten müssen. Die Motorenindustrie muß die Motoren verbessern. Aber die Flugzeugindustrie muß im Augenblick mit dem Zustand rechnen, wie er ist, und muß, falls sie betriebssichere Flugzeuge liefern will, Mehrmotorenkraftanlagen bauen. (Beifall.)

Vorsitzender: Ich danke Herrn Rohrbach für seine interessanten Untersuchungen, die zweifellos für den kommenden Luftverkehr von großer Bedeutung sein werden.

II. Aerologische und luftelektrische Flüge und ihre Bedeutung für die Luftfahrt.

Vorgetragen von **Albert Wigand** (Halle a. S.).

I. Einleitung.

Die Entwicklung der Flugtechnik und Motorluftschiffahrt vollzog sich eine Zeitlang nach dem recht zweifelhaften Sprichwort: »Probieren geht über Studieren«, und das Verhältnis zwischen Wissenschaft und Praxis ist auf diesem Gebiete nicht immer so gut gewesen wie heute. Im Gegensatze etwa zur Elektrotechnik, die aus der wissenschaftlichen Elektrizitätslehre direkt hervorging, wurden Flugtechnik und Motorluftschiffahrt gerade in ihren ersten, schwersten Entwicklungsjahren von ihrer wichtigsten Hilfswissenschaft, der Aerodynamik, kaum unterstützt. Große Opfer an Menschen und Material, tastendes Hin- und Herprobieren, statt klaren, geradlinigen Fortschreitens waren die Folgen davon.

Anders, besser stand die praktische Luftfahrt von jeher zu einem anderen Zweige der physikalischen Wissenschaften, zur Physik der Atmosphäre. Hier sehen wir von Anfang an, schon gleich nach der Erfindung des Luftballons, eine rege gegenseitige Förderung. Mit bemanntem und unbemanntem Freiballon, mit Fesselballon und Drachen als aeronautischen Forschungsmitteln wurde die Aerologie geschaffen, und im Freiballon erforschte man Elektrizität und Optik der freien Atmosphäre. Als Dank dafür erwuchs der Luftfahrt aus der so geförderten Kenntnis des Luftmeers eine gesteigerte Sicherheit für seine statische und dynamische Bezwingung sowie für die Diagnose und Prognose des Wetters.

Ein neues Band wechselseitiger Beziehungen zwischen Luftfahrt und Aerophysik wurde in letzter Zeit geknüpft durch die Verwendung auch des Flugzeugs als aerophysikalischen Forschungsmittels. Darüber möchte ich Ihnen berichten, über Wege, Ziele und Bedeutung dieser Arbeiten. Man hat früher daran gezweifelt, ob es technisch möglich und überhaupt wünschenswert sei, solche wissenschaftlichen Flüge zu unternehmen. Aber der Beweis für die einwandfreie Ausführbarkeit und den tatsächlichen Bedarf ist erbracht durch die aus militärischem Bedürfnis geborenen Versuche, die ich mit einigen Mitarbeitern[1]), in Ausführung einer von Herrn Hergesell der deutschen Heeresleitung gegebenen Anregung, noch während des Krieges an mehreren Flugplatzwetterwarten begonnen, nachher in Halle fortgesetzt und im Frühjahr 1920 zu einem gewissen Abschluß gebracht habe.

II. Aerologische Flüge.

1. Ausführung.

Die Verwendung des Flugzeugs zum Studium aerophysikalischer Fragen[2]) erfordert in erster Linie eine zuverlässige Messung der meteorologischen Elemente während des Fluges, also die Ausführung aerologischer Flüge. Hierfür geeignete Instrumente werden dann Grundlage und unentbehrliche Hilfsmittel aller weiteren physikalischen Untersuchungen im Flugzeuge, etwa der atmosphärischen Elektrizität und Strahlung, sein.

Für die Registrierung von Luftdruck, Temperatur und Luftfeuchtigkeit hat sich die Verwendung bekannter und fürs Flugzeug geeignet abgeänderter Meteorographen bewährt, und auch für die Bestimmung der Richtung und Geschwindigkeit des wahren Windes nur vom Flugzeuge aus gibt es ein Verfahren.

Orientierende Versuche zur Verwendung eines Meteorographen im Flugzeuge sind bereits früher von Aßmann und Hergesell angestellt worden, aber noch ohne näheres Eingehen auf die Fehlerquellen. Aßmann[1]) machte 1912 einen ersten Versuch und änderte einen Marvin-Apparat zum Gebrauche im Flugzeuge so ab, daß die Schreibfedern für Druck und Temperatur gerade Linien statt der Kreisbogen aufzeichneten, wodurch die Schwingungen der Federn gedämpft und der schädliche Einfluß der Erschütterungen vermindert wurde; mit dieser Konstruktion hat Herr Elias Versuche gemacht. Auch Herr K. Wegener nahm auf Veranlassung von Herrn Hergesell bei seinen meteorologischen Flügen in den Jahren 1913 und 1914 Meteorographen mit. Der im Kriege gesteigerte Bedarf regelmäßiger aerologischer Beobachtungen gab dann in den Jahren 1917 und 1918 Anlaß zur Ausführung der eingangs erwähnten methodischen Versuche mit Meteorographen im Flugzeuge.

Welche Fehlerquellen und Störungen sind nun bei unsern aerologischen Flugversuchen erkannt und beseitigt worden?

a) **Luftdruck.** Für die Luftdruckmessung im Flugzeuge hat man folgende Forderungen zu stellen: Das Aneroid darf nur sehr kleine und genau bekannte elastische Nachwirkung und Hysteresis besitzen. Es soll so steif sein, daß es unter dem Einfluß der Erschütterungen im Flugzeuge nicht merklich vibriert. Das System der Übersetzungs- und Schreibhebel muß gut im Schwerpunkt ausbalanciert sein und soll möglichst wenig Drehpunkte und geringe Reibung besitzen.

Die Temperaturkompensation des Aneroids ist am besten so eingerichtet, daß die Korrektion des Einflusses der Temperatur auf das Aneroid etwa in der Höhe, wo bei den Aufstiegen die niedrigste Temperatur erreicht wird, gleich Null ist, also bei den heute im Flugzeuge erreichbaren Höhen in der Maximalhöhe; man braucht dazu niedrigen Kompensationsdruck, den man durch geringe Luftfüllung der Dosen erzielt.

Die Temperatur des Aneroids während des Aufstiegs muß gut definiert sein, was nur durch richtige Ventilation und gleichzeitige Temperaturmessung zu erreichen ist.

Der Barograph darf nur an solchen Stellen des Flugzeugs angebracht werden, wo die Störung, die der statische Luftdruck durch die Strömung am Flugzeuge erfährt, unmerklich ist. Auch soll im Innern des Instrumentengehäuses keine Druckstörung durch den Wind auftreten.

Auf diese Druckstörungen wollen wir etwas näher eingehen. Bei den vorkommenden Flugzeuggeschwindigkeiten von 30 bis 50 ms können die Angaben eines im übrigen stau- und saugwirkungsfrei am Flugzeuge angebrachten Aneroids

---

[1]) Die Herren A. Wienecke, der bei diesen Versuchen leider sein Leben hat opfern müssen, W. Brückmann, L. Heß, E. Mauz und H. Koppe sind besonders zu nennen.

[2]) A. Wigand, Die Naturwissenschaften 7, S. 487, 1919; »Luftfahrt« 1920, Heft 1/2, S. 8; Physik. Z. S. 22, S. 36, 1921. H. Koppe, Illustrierte Flugwelt 1, Heft 9, 1919. Ausführlichere Berichte: A. Wigand, Beitr. z. Phys. d. fr. Atm. 9, S. 137, 1920/21; A. Wigand u. A. Wienecke (†), ebendort 9, S. 148 u. 163, 1920/21; A. Wigand u. H. Koppe, ebendort 1921.

[1]) R. Aßmann, Jahrbuch der WGL 1, S. 39, 1913. »Das Kgl. Preuß. Aeronaut. Observatorium Lindenberg«, Braunschweig 1915, S. 153.

um mehrere mm QS gefälscht werden, wenn die Meßstelle nahe an den Tragflächen oder am Rumpfe liegt. Zu fordern ist aber, daß die Druckstörung kleiner als 0,5 mm QS sei.

An Doppeldeckern ist die Verteilung des statischen Luftdruckes zwischen den Tragflächen folgende: Oberhalb der unteren Tragfläche herrscht Unterdruck, unterhalb der oberen Überdruck mit einer erheblich geringeren Abweichung vom ungestörten Druck als oberhalb des unteren Flügels. Die Wirkung dieser Druckverteilung, die sich in Übereinstimmung mit der Erfahrung aus den aerodynamischen Ansätzen berechnen läßt[1]), äußert sich im Auftrieb des Flugzeugs.

Durch Modellversuche mit Wasserströmung hat Herr F. Ahlborn[2]) Bilder des Strömungszustandes an Doppeldeckern gewonnen, aus denen im Einklang mit der aerodynamischen Berechnung zu entnehmen ist, daß sich annähernd in zwei Drittel des Flächenabstands über dem unteren Tragdeck ein Gebiet ungestörten statischen Druckes befindet, und zwar nahe hinter der Verbindungsebene der vorderen Kanten der Tragflächen. Die Ahlbornschen photographischen Aufnahmen des Kraftfeldes eines Doppeldeckers zeigen hier ein indifferentes Gebiet, in dem sich die Luft nahezu in demselben Bewegungs- und Druckzustande befindet, wie in der Ferne außerhalb des Kraftfeldes des Flugzeugs.

Dasselbe Ergebnis hatten Modellversuche im Windkanal der Forschungsanstalt Professor Junkers in Dessau. Das Diagramm der Strömung um einen gestaffelten Doppeldecker zeigt in etwa zwei Drittel Höhe über dem unteren Flügel ein ungestörtes Gebiet, das entsteht durch Kompensation des Überdrucks unter dem Oberflügel mit dem Unterdruck über dem Unterflügel, wobei der relativ größere Betrag der letzteren Druckstörung die hohe Lage des ungestörten Gebietes bewirkt.

Abb. 1. Aufhängung des Bosch-Drachen-Meteorographen an zwei geneigten (V-) Stielen, mit Fangdrähten, in richtiger Höhe.

[1]) Vgl. z. B. bei R. Grammel, Die hydrodynamischen Grundlagen des Fluges, Braunschweig 1917, S. 61, 76, 92.

[2]) Mit freundlicher Genehmigung von Hrn. Ahlborn (Hamburg) hier mitgeteilt.

Der Meteorograph oder Barograph ist daher an Doppeldeckern am besten so aufzuhängen, daß er sich mit seinen Aneroiddosen in zwei Drittel Höhe des Tragflächenzwischenraumes (Abb. 1 und 11) und, von der Vorderkante der Tragdecks gerechnet, etwa 20 cm nach hinten befindet. Die Luftdruckstörung beträgt alsdann weniger als 0,5 mm QS. In der Praxis hat man bereits mitunter nach dieser Regel verfahren. Befestigt man den Meteorographen an den Stielen, so läßt er sich ohne Schwierigkeiten in der richtigen Höhe zwischen den Flügeln anbringen; weniger gut ausführbar, wenn nicht gar unmöglich, ist dies, falls man die Spanndrähte zum Anhängen des Instruments verwendet, wie es gelegentlich geschehen ist.

An wirklichen Flugzeugen während des Fluges hat Herr W. Brückmann, der sich gelegentlich der militärischen aerologischen Flugzeugaufstiege 1917/18 eingehend mit dieser Frage beschäftigte, die statische Druckverteilung zwischen den Flügeln eines Doppeldeckers gemessen. Dazu diente ein von der Firma Atmos gebauter, empfindlicher Differentialdruckschreiber, der die Registrierung des statischen Druckunterschiedes zweier Meßstellen gestattete, deren Lage im Tragflächenzwischenraum variiert wurde. Das Ergebnis dieser Versuche stimmt mit dem der theoretischen Überlegungen und der Modellversuche überein.

Über die Druckstörungen an Eindeckern läßt sich auf Grund von Modellversuchen in der Forschungsanstalt Prof. Junkers in Dessau im Einklang mit der aerodynamischen Berechnung folgendes aussagen, was unverändert auch für Doppeldecker außerhalb des Tragflächenzwischenraumes gilt:

Der über dem Eindecker herrschende Unterdruck reicht so weit hinauf in den freien Raum, daß eine hinreichend ungestörte Meßstelle praktisch nicht erreichbar ist, da die dazu nötige starre Anbringung des Meßinstruments konstruktiv unverhältnismäßig schwierig sein würde.

Unter dem Eindecker herrscht Überdruck, dessen Abweichung vom ungestörten Druck aber im Vergleich mit dem Unterdruck über dem Eindecker beträchtlich geringer ist und weniger weit in den freien Raum hinabreicht. Nach einer Überschlagsrechnung, die ich Herrn Grammel verdanke, ist die Druckstörung in einer Entfernung vom 4- bis 5 fachen Betrage der Flügeltiefe unter dem Flügel der zehnte Teil der unmittelbar unter dem Flügel herrschenden Druckstörung. Man hat daher bei einem mittelgroßen Eindecker mit 3 m tiefen Flügeln etwa 15 m unter dem Flugzeuge ein Gebiet, in dem bei den üblichen Fahrtgeschwindigkeiten die maximale Druckstörung sicherlich kleiner als 0,5 mm QS ist. Dasselbe gilt auch für den Raum unterhalb eines Doppeldeckers.

Nach diesem Ergebnis ist die Tiefe unterhalb des Flugzeugs zu bemessen, in die man mindestens hinabzugehen hat, wenn man den Meteorographen nicht unmittelbar am Flugzeuge aufhängt, sondern ihn nach unten frei an einem Seile ausläßt.

Die Aufhängung des Instruments in einer starr unten am Flugzeuge befestigten Vorrichtung kommt bei dieser Entfernung aus konstruktiven Gründen noch weniger in Frage als oberhalb des Flugzeugs, da eine solche Vorrichtung bei Start und Landung am Flugzeuge anliegen und während des Fluges aus- und zusammengelegt werden müßte.

Es gibt aber auch Meßstellen mit praktisch ungestörtem statischem Luftdruck in unmittelbarer Nähe des Flugzeugs, nämlich im »Totwasser« des Flügels, am hinteren Flügelrande. Dies ist theoretisch zu erwarten und durch Modellversuche im Windkanal der Forschungsanstalt Prof. Junkers in Dessau festgestellt. Die bei kleinem Anstellwinkel ver-

schwindende Druckstörung erreicht bei großem Anstellwinkel (+ 15°) höchstens den Betrag von 10 vH des Staudrucks; dem entspricht eine noch zulässige, unbedenkliche Druckstörung von 0,4 mm QS für einen Fahrtwind von 30 ms. Ob die am hinteren Flügelrande auftretende Wirbelbildung der abfließenden Luft die Gleichmäßigkeit der Druckregistrierung beim Fluge erheblich stört, muß erst noch untersucht werden, da praktische Flugversuche mit dieser Anbringungsart noch nicht ausgeführt werden konnten. Wahrscheinlich wird sich aber bei günstigem Flügelprofil und gleichförmiger Flugbewegung die Turbulenz der Strömung an einer solchen Meßstelle, wenn das Instrument (etwa wie der »Flugzeugmeteorograph«, Abb. 4, 7 und 8) günstige äußere Widerstandsform hat, nur in einer unwesentlichen Verbreiterung der aufgezeichneten Luftdruckkurve bemerkbar machen, so daß ein Barograph hier einen günstigen Platz finden wird. Man baut das Instrument in einem kleinen Ausschnitt des hinteren Flügelrandes etwa in der Mitte der Flügellänge gefedert ein oder hängt es in einem Rahmen auf, der dort wenig nach hinten hinaus zu befestigen ist. Der hintere Flügelrand als Meßstelle wird aber wohl nur bei Eindeckern in Frage kommen, da man bei Doppeldeckern bequemer die Stiele zur Anbringung des Instruments benutzen kann.

Für Temperatur- und Feuchtigkeitsregistrierungen würde die Anbringung des Instruments am hinteren Flügelrande durch die Aspiration mit der am Flügel vorbeigestrichenen Luft eine unerwünschte und schlecht kontrollierbare Erhöhung der Trägheit bewirken.

Es ist aber nicht von der Hand zu weisen, daß man auch andere, besonders bequem am Flugzeuge gelegene Meßstellen mit gestörtem statischem Drucke für die Druckmessung nehmen kann, sofern man den Betrag der Druckstörung dort kennt und so in der Lage ist, eine Reduktion des gemessenen Druckes auf den ungestörten zu vollziehen. Dabei ist jedoch zu beachten, daß dieser Reduktionsfaktor nicht nur vom Flugzeugtyp abhängen, sondern auch mit Luftdichte, Fahrtwind und Anstellwinkel stark veränderlich sein wird. Das gilt besonders bei Anbringung des Instruments im Führer- oder Beobachtersitz, auch in einer vorn an der Rumpfspitze befindlichen Kanzel, die für Temperatur- und Feuchtigkeitsmessungen vorteilhaft ist. Das Fahrgestell (Abb. 8) ist keinesfalls geeignet, da außer wegen der Nähe von Rumpf und Flügeln auch durch den Luftschraubenstrahl unübersehbare Druckstörungen auftreten und mechanische Verletzungen des Instruments bei Start und Landung unvermeidlich sind.

Es ist ferner noch zu fordern, daß im Innern des Gehäuses des Meteorographen oder Barographen keine Stau- oder Saugwirkung durch den vorbeistreichenden Luftstrom erzeugt werden darf. Wie das Beispiel meines Flugzeugmeteorographen zeigt, gelingt es durch richtige Anbringung der Öffnungen am Gehäuse und passende Regulierung der Ventilation, dies zu erreichen. Für die bisher im Flugzeuge verwendeten Drachen- und Ballonmeteorographen muß diese Frage noch näher untersucht werden. Da man bei diesen Instrumenten nicht den vollen Fahrtwind in das Ventilationsrohr eintreten lassen darf, weil Thermometer und Hygrometerhaare das nicht vertragen, ist bei einigen Versuchsreihen vor die Schmalseite des Instruments eine Blechhaube vorgesetzt worden, die zur Erreichung geringen Luftwiderstandes zweckmäßig gerundet war. Die Haube bewirkte, daß vom Fahrtwind ein dem Instrument noch zuträglicher, schwächerer Luftstrom durch das Ventilationsrohr gesaugt wurde. Dabei kann aber, wie Herr Brückmann gezeigt hat, im Inneren am Aneroid bei einer Flugzeug-Geschwindigkeit von 30 ms ein Unterdruck von 1½ mm QS entstehen, wodurch die Unbrauchbarkeit einer solchen, auch die Thermometerträgheit vergrößernden Anordnung erwiesen ist. Günstiger für die ungestörte Druckmessung ist es jedenfalls, wenn man den Fahrtwind das Ventilationsrohr durchstreichen läßt, nachdem man ihn durch ein vorgestecktes Sieb (Abb. 6 und 8) soweit als nötig geschwächt hat. Schließlich dürfen auch die zur Aufhängung des Instruments verwendeten Gestelle, Rahmen und Federn sowie etwa in der Nähe befindliche Stiele oder Spanndrähte keine Druckstörung erzeugen, die sich noch im Innern des Instrumentengehäuses bemerkbar machen könnte.

b) **Lufttemperatur.** Nächst dem Luftdruck ist die einwandfreie kontinuierliche Aufzeichnung der Temperatur beim Fluge als des für alle physikalischen Untersuchungen im Flugzeuge grundlegenden Elements sicherzustellen.

Sehen wir ab von solchen Temperaturregistrierungen im Flugzeuge, die durch Fehler des gleichzeitig aufgezeichneten Luftdrucks als gefälscht erscheinen, so sind es zweierlei Ursachen, durch die eine Störung der Temperaturmessungen im Flugzeuge eintreten kann, und mit deren Erkenntnis auch der Weg zur Gewinnung ungefälschter Temperaturangaben im Flugzeuge gegeben ist: Erstens bewirkt die Thermometerträgheit bei den schnellen Höhenänderungen eines Flugzeugs ein merkliches Nachhinken der angezeigten Temperatur hinter der wirklichen, wodurch beim Aufstieg für die gleichzeitig aufgezeichneten Luftdrucke die Temperaturen tieferer Schichten, also (von Inversionen und Isothermien abgesehen) zu hohe Temperaturen registriert werden. Zweitens können mechanische Störungen den Thermographen beeinflussen.

Für beide Wirkungen ist die Stelle, an der der Meteorograph im Flugzeuge angebracht wird, und auch die Art der Aufhängung von Bedeutung. Wir kommen sogleich darauf zurück und gehen zunächst auf die Trägheit des Thermometers etwas näher ein.

Bei einem schnell aufsteigenden Flugzeuge ändert sich die Lufttemperatur so schnell, daß die vom Thermographen angezeigte Temperatur hinter der wirklichen Lufttemperatur merklich nachhinkt. Um diese Thermometerträgheit bei der Auswertung der Registrierungen berücksichtigen zu können, ist eine Untersuchung der verwendeten Thermometer daraufhin erforderlich, und zwar unter den beim Fluge herrschenden Bedingungen der Ventilation des Thermometerkörpers und der Luftdichte.

Quecksilberthermometer. Gelegentlich im Flugzeuge verwendete Quecksilberthermometer mit subjektiver Ablesung, die man als »Außenbordthermometer« seitlich vom Flugzeugrumpfe oder unterhalb desselben anbringt oder auch vor der Ablesung hinaushält, haben meist größere Trägheit als die für Registrierungen benutzten Bourdonröhren- oder Bimetall-Thermometer und kommen, da man damit nur Einzelwerte der Temperatur ohne den kontinuierlichen Zusammenhang erhält, höchstens für Stichproben oder zur Kontrolle der Registrierungen in Betracht. Wenn man auch durch Hülsen hinreichend für Strahlungsschutz sorgen kann, so lassen sich doch bei solchen Thermometern Temperaturstörungen durch die Nähe des Rumpfes und die Motorluft kaum vermeiden.

Bourdonrohrthermometer. Da sich die bei aerologischen Aufstiegen zur Temperaturmessung vielfach verwendeten Bourdonröhren als vorzüglich geeignet erwiesen haben (Apparate von Marvin und Bunge), liegt es nahe, sie auch im Flugzeuge zu benutzen, zumal sie infolge ihrer beträchtlichen Steifheit den Vorteil haben, kaum zu vibrieren oder sich zu deformieren. Die Versuche mit Marvin-Bunge-Apparaten im Flugzeuge ergaben aber eine unzweckmäßig große Thermometerträgheit, da man hier wie bei anderen, von Fesselaufstiegen übernommenen Meteorographen nicht die volle, beim Fluge verfügbare Lüftung ausnutzen kann, sondern zum Schutze des Übertragungsmechanismus und der Hygrometerhaare den Fahrtwind für die Ventilation erheblich reduzieren muß.

Bimetallthermometer. Die geringste Trägheit erreicht man im Flugzeuge mit einem Bimetallthermometer. Das zeigte sich beim Vergleich der Marvin-Bunge-Meteorographen mit den Drachen-Meteorographen von Bosch, die eine schwach gebogene Bimetall-Lamelle als Thermometer besitzen, und steht im Einklang mit früheren Erfahrungen. Für die Sonderkonstruktion des Flugzeug-Meteorographen ist daher ebenfalls ein Bimetallband verwendet worden, das aber in seiner Form und Montierung den Verhältnissen im Flugzeuge angepaßt wurde.

Trägheitskoeffizient. Die Temperaturdifferenz des Nachhinkens der vom Thermometer angezeigten Temperatur U hinter der wahren Lufttemperatur φ setzt man[1]) nach dem Newtonschen Abkühlungsgesetz proportional der Ände-

[1]) H. Hergesell, Met. Ztschr. 1897, S. 121 u. 433.

rungsgeschwindigkeit der Thermometertemperatur U:

$$\varphi - U = a \cdot \frac{dU}{dt}; \quad \ldots\ldots \quad (1)$$

a ist der Trägheitskoeffizient, t die Zeit in min. Für die Berechnung von Versuchen, bei denen die Lufttemperatur φ konstant ist, verwendet man den durch Integration erhaltenen Ausdruck:

$$a = \frac{t_2 - t_1}{ln \frac{U_1 - \varphi}{U_2 - \varphi}}. \quad \ldots\ldots \quad (2)$$

Es sind zwar Beziehungen aufgestellt worden, die es gestatten sollen, den Trägheitskoeffizienten a eines Thermometers, ohne ihn direkt zu messen, aus der Wärmekapazität, Oberfläche und äußeren Wärmeleitfähigkeit des Thermometerkörpers zu berechnen und auch seine Änderung mit der Luftdichte und Ventilationsgeschwindigkeit quantitativ anzugeben[1]). Ich halte es jedoch nicht für zulässig, bei den von allen bisherigen Versuchen abweichenden Verhältnissen im Flugzeuge davon Gebrauch zu machen, zumal wegen des komplizierten Zusammenhangs zwischen Luftdichte, Fahrtwind und Ventilation im Innern des Instruments, sondern möchte eine direkte Bestimmung von a für jedes einzelne Instrument, oder mindestens für jeden Instrumententyp bei übereinstimmenden Fabrikationsserien empfehlen. Denn es werden tatsächlich Abweichungen beobachtet von den theoretisch verständlichen und bisher auch bestätigten Gesetzmäßigkeiten der Abnahme von a mit zunehmender Windgeschwindigkeit und Luftdichte.

Die Thermometerträgheit eines gegebenen Meteorographen wird am genauesten im künstlichen Luftstrom im Laboratorium untersucht, wobei zu beachten ist, daß sich das Instrument im gleichen Zustande befinden muß wie im Flugzeuge, besonders hinsichtlich der Ventilation. Man erwärmt das Instrument möglichst gleichmäßig auf 30 bis 40° und bringt es schnell in den Luftstrom, dessen Temperatur und variierbare Geschwindigkeit genau zu messen ist. Durch punktweises Ausmessen der registrierten Abkühlungskurven ergibt sich alsdann nach der Integralformel (2) der Trägheitskoeffizient und seine Änderung mit der Ventilationsstärke. Dabei ist es erwünscht, daß die Uhrtrommel möglichst schnell umläuft, jedenfalls nicht langsamer als in 2 Stunden. Uhren mit zweistündigem Umlauf sind ohnehin für Flugzeugaufstiege am zweckmäßigsten und bei der gewöhnlichen Dauer der Aufstiege ausreichend.

Auch beim Fluge selbst kann man durch zweckmäßige Wahl der Höhenänderungen Registrierungen erhalten, aus denen sich der Trägheitskoeffizient a ermitteln läßt. Als einfachster Fall unter den verschiedenen in Betracht kommenden Möglichkeiten bietet sich hierfür der Stufenflug. Auch der Zackenflug ist für angenäherte Bestimmung von a verwendbar.

Stufenflug. Um eine zur Bestimmung von a brauchbare Stufe zu fliegen, geht man vom möglichst steilen Aufoder Abstieg plötzlich in genau horizontalen Flug über. Während dann das Barogramm einen scharfen Knick macht, biegt das Thermogramm gerundet um, da das Thermometer Zeit braucht, bis es die konstante Lufttemperatur der Stufe angenommen hat. Wie bei dem beschriebenen Laboratoriumsversuche bestimmt man nun aus dieser Abklingungskurve den Trägheitskoeffizienten. Die Meßgenauigkeit ist allerdings geringer, zumal beim Horizontalfluge in der Regel die Registrierkurven etwas breiter ausfallen als beim Auf- und Abstieg. Ist die Luftschicht, in der die Stufe geflogen wird, eine Isothermie oder hat sie sehr kleinen positiven oder negativen Temperaturgradienten, so ist sie zur Ermittlung von a unbrauchbar; auch darf nicht dicht vor dem Einbiegen in die Stufe eine Schichtgrenze der vertikalen Temperaturverteilung liegen. Fliegt man bei einem solchen, der Thermographenprüfung dienenden Hochfluge etwa von 1000 zu 1000 m Höhe eine Stufe beim Auf- und Abstieg, so hat man stets eine ausreichende Zahl brauchbarer Stufen für die a-Bestimmung.

Auf diese Weise bekommt man auch ohne umständliche Versuchsanordnungen den Einfluß der Luftdichte auf a.

[1]) H. Hergesell, l. c.; J. Maurer, Beitr. z. Phys. d. fr. Atm. 1, S. 55, 1904/05; A. de Quervain, Beitr. z. Phys. d. fr. Atm. 1, S. 162, 1904/05; Met. Ztschr. 1911, S. 88.

Die Stärke der Außenventilation (Fahrtwind) braucht man nicht zu kennen, wenn, wie bei den Dracheninstrumenten üblich, dauernd ein Windwegschreiber eingebaut ist, der die gleichzeitige, im Vergleich mit dem Fahrtwind stets kleinere Innenventilation aufzeichnet; andernfalls muß für einen zuverlässigen Fahrtwindschreiber gesorgt sein, um den Einfluß der Ventilationsgeschwindigkeit auf a studieren und bei den Flügen laufend berücksichtigen zu können.

Zackenflug. Geht das Flugzeug plötzlich von möglichst steilem Aufstieg zum steilen Abstieg (Gleitflug) über, so entstehen in den Registrierkurven Zacken, durch deren Ausmessung man die Möglichkeit hat, den Trägheitskoeffizienten des Thermographen zu bestimmen. Im Vergleich mit dem Barogramm ist nämlich im Thermogramm infolge des Nachhinkens der Temperatur einerseits die Amplitude der Zacke verkleinert und anderseits das Eintreten des Minimums verzögert, also von der letzten Zeitmarke weg verschoben. Die Temperaturkurve hat nicht den scharfen Knick wie die Luftdruckkurve, sondern biegt mehr gerundet um, mit Abflachung und Verzögerung des Minimums. Die Kurve der angezeigten Temperatur U kehrt da um, wo sie von der Kurve der wahren Temperatur φ nach dem Durchschreiten von deren Minimum geschnitten wird (Abb. 2). Hier ist $\varphi - U = 0$, also $\frac{dU}{dt} = 0$. Der Extremwert U_{min} der registrierten Temperaturkurve ist also die wahre Temperatur φ zur gleichen Zeit. Nimmt man hierzu den gleichzeitigen Druck und vergleicht damit die nachhinkende Temperatur U bei demselben Druck vor der Zacke, so erhält man als Differenz einen Wert für $\varphi - U = U_{min} - U$. Der zugehörige Wert für $\frac{dU}{dt}$ ist aus dem letzten geraden Stück der U-Kurve vor der Zacke zu entnehmen, so daß man dann den Trägheitskoeffizienten a nach der Differentialformel (1), durch die er definiert ist, bekommt. Als hierzu gehörige Ventilation kann angenähert die vor der Zacke angenommen werden, da das Flugzeug zunächst nach der Zacke einige Sekunden mit kleinerer Geschwindigkeit als vorher fliegt, bis es die neue größere Geschwindigkeit des Abstiegs hat. In vielen Fällen wurde festgestellt, daß sich die Innenventilation des Bosch-Drachen-Meteorographen mit vorgestecktem, feinmaschigem Sieb bei Auf- und Abstieg (Gleitflug) wie 2 : 3 verhält.

Für den Flugzeug-Meteorographen ist nach Versuchen im künstlichen Luftstrom, die ich mit Herrn Wienecke ausführte, der Trägheitskoeffizient bei einem Fahrtwind von 24 bis 40 ms praktisch konstant gleich 0,21; diese Unabhängigkeit des Trägheitskoeffizienten von der Außenventilation ist wahrscheinlich eine Folge der hier herrschenden besonderen Bedingungen der Innenventilation. Für Bosch-Drachen-Meteorographen, deren Innenventilation durch vorgesteckte Drahtsiebe auf 8 bis 10 ms reguliert war, ergaben sich im Laboratorium und beim Fluge Werte für a zwischen 0,6 und 0,4. Für diese Meteorographen würden daraus bei einer Temperaturänderung von maximal 2,5° pro min, wie sie bei Flugzeugaufstiegen gelegentlich in den unteren Luftschichten vorkommen kann, als Trägheitskorrektion der angezeigten Temperatur Werte bis zu 1,5° folgen, für den Flugzeug-Meteorographen etwa ein Drittel dieses Betrages. Man darf bei Drachen-Meteorographen, wie gelegentliche Versuche zeigten, unbedenklich auch etwas kräftigere Innenventilation zulassen, indem man den Fahrtwind weniger bremst, wodurch a verkleinert wird. Die zulässige Grenze hierfür ist jedoch durch die bei starker Ventilation auftretenden mechanischen Störungen gegeben, die sogleich besprochen werden.

Das Nachhinken der angezeigten Temperatur wird vergrößert, wenn die zur Ventilation des Thermometerkörpers dienende Luft zuvor einen größeren Teil des Meteorographengehäuses durchströmen muß, wie bei der Anordnung der Schutzhaube und Saugventilation, die nachweislich besonders große Werte des Trägheitskoeffizienten zeigt, oder auch wenn bei unzweckmäßiger Anbringung des Meteorographen die Ventilationsluft an größeren Flugzeugteilen, wie Rumpf und Flügeln, vorbeistreicht. Dann wird die Luft, ehe sie zum Thermometerkörper gelangt, infolge der größeren Temperaturträgheit solcher Massen vorgewärmt oder ge-

kühlt. Das Innere des Rumpfes (Führer- und Beobachtersitz) ist natürlich ganz ungeeignet. Gegen Temperaturmessungen vor der Rumpfspitze, etwa an einer dort von Motor und Propeller ungestörten Kanzel, ist nichts einzuwenden.

Auch durch die Sonnenstrahlung tritt Vorwärmung ein, und dieser Einfluß macht sich besonders stark unmittelbar nach dem Start bemerkbar, da alsdann die Ventilation

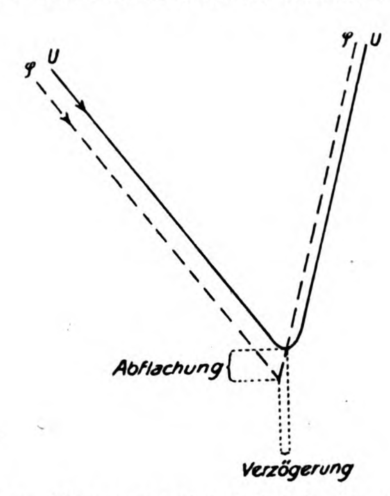


Abb. 2. Thermometerträgheit beim Zackenflug.

erst im Moment des Starts beginnt, das Thermometer daher verstrahlt ist und erst allmählich nach Wegschaffung der warmen Luft im Meteorographen und Abkühlung des Instruments die wirkliche Lufttemperatur annimmt. Da die Gefahr einer solchen Verstrahlung für die Starttemperatur eigentlich immer besteht, so wird man auf alle Fälle besser den gleichzeitig mit dem Aspirations-Psychrometer gemessenen Wert der Lufttemperatur an Stelle des registrierten Ausgangswertes setzen.

Da das Flugzeug bei einem gleichmäßigen Aufstiege, je höher es kommt, desto langsamer steigt, wird der Betrag des Nachhinkens der registrierten Temperatur nach oben zu allmählich immer kleiner, bis schließlich bei horizontalem Fluge in der Maximalhöhe die Lufttemperatur richtig aufgezeichnet wird. In der Zustandskurve der allgemeinen vertikalen Temperaturverteilung, wenn keine Störungsschichten (Inversionen) vorliegen, muß sich dieser Einfluß der Thermometerträgheit, falls er nicht korrigiert wird, durch zu hohe Temperaturen, also zu geringe Temperaturabnahme in der untersten Luftschicht und zu große Temperaturabnahme in den höheren Schichten äußern; in der Bodenluftschicht wird der Fehler am größten sein. Beim Vergleich einer Reihe von aerologischen Flugzeugaufstiegen einer Warte mit gleichzeitigen Drachen- und Ballonregistrierungen zweier nahe benachbarter Orte ergab sich, daß die Temperaturabnahme in der untersten Stufe ohne Trägheitskorrektion mit dem Flugzeuge stets zu klein gefunden wurde, wobei lokale Temperaturanomalien als Ursache unwahrscheinlich waren.

Neben der Feststellung der allgemeinen vertikalen Temperaturverteilung kommt es bei einem aerologischen Aufstiege auf die richtige Aufzeichnung und Auswertung der Inversionen und anderen, den gleichmäßigen Temperaturverlauf störenden Schichten an, was besonders bei geringer vertikaler Erstreckung solcher Schichten im schnell steigenden Flugzeuge kleine Thermometerträgheit erfordert. Sonst werden solche Schichten an ihren Grenzen verzeichnet, nämlich durch Abflachung und Verzögerung der Knicke, Minima und Maxima in der Temperaturregistrierkurve ebenso wie beim Zackenflug; oder diese Schichten kommen gar bei geringer Mächtigkeit und kleinem Betrage ihrer Temperaturänderung überhaupt nicht in der Registrierkurve heraus. Schon aus diesem Grunde soll man die Thermometerträgheit bei Flugzeugaufstiegen soweit wie nur irgend möglich herabsetzen. Zur richtigen Auswertung aufgezeichneter Inversionen muß jedenfalls der Trägheitskoeffizient des Thermometers bekannt sein.

Abb. 3 zeigt in natürlicher Größe das Original-Meteorogramm eines einfachen Hochfluges von 44 min Dauer auf 4155 m Höhe mit ununterbrochenem Auf- und Abstieg, aufgenommen mit einem Bosch-Drachen-Meteorographen von kleiner Thermometerträgheit in zweistieliger Aufhängung an einem Doppeldecker. Es folgen von unten nach oben Barogramm, Thermogramm und Hygrogramm; die Kurven gehen bei Zunahme des Druckes und der Temperatur nach oben, der relativen Feuchtigkeit nach unten. Die beiden Inversionen am Boden (70 bis 400 m mit 12,1 bis 15,0°) und in mittlerer Höhe (2095 bis 2335 m mit 1,5 bis 4,0°) sind beim Aufstieg wie beim Abstieg deutlich und gut auswertbar.

Bei einer vertikalen Erstreckung von beispielsweise 50 m wird eine schwache Inversion von einigen Zehntel Grad oder eine Isothermie in einer ½ mm breiten Registrierkurve eines Flugzeugaufstiegs mit einem Thermographen vom Trägheitskoeffizienten $a = 0,5$ gerade eben noch qualitativ erkennbar sein. Denn das Flugzeug durchsteigt diese Störungsschicht in den unteren Höhen in 10 bis 15 s; und die angezeigte Temperatur kann beim Eintritt in die Störungsschicht, wenn diese auf ein Gebiet mit normalem Temperaturgefälle folgt, um 1 bis 1,5° hinter der Lufttemperatur nachhinken. Beim noch erheblich steileren Gleitflug wird eine solche Störungsschicht in der Registrierkurve des Abstiegs nicht einmal angedeutet.

In der Registrierkurve eines Thermographen von zu großer Trägheit werden nicht nur die in der vertikalen Temperaturverteilungskurve existierenden kleinen Zacken verwischt und vielleicht verschluckt, sondern ebenso auch geflogene kleine Stufen und Zacken. Für die Auswertung des Thermogramms besteht bei größerer Thermometerträgheit die Gefahr, daß man Inversionen übersieht oder sie nicht richtig auswertet, wenn ihre Grenzen zusammenfallen mit einer geflogenen Höhenstufe oder nahe dabei sind. Wegen der diesen Schichten eigenen Stabilität werden nämlich gerade in solchen Höhenlagen vom Flieger gern Stufen geflogen. —

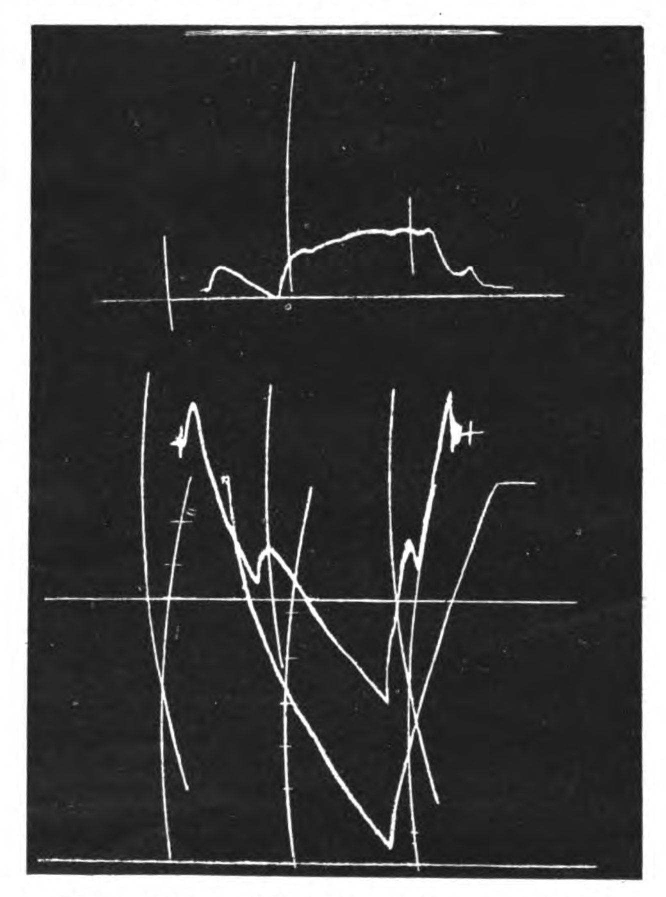


Abb. 3. Flugzeug-Meteorogramm mit zwei Inversionen.

Schließlich noch ein paar Worte über die mechanischen Störungen des Thermographen im Flugzeuge, ehe wir die Frage der Temperaturmessung verlassen. Der Druck des Windes und seine Böigkeit, sowie die Erschütterungen beim Fluge und auch zu große Reibung im Anzeigemechanismus können einen Thermographen mechanisch so beeinflussen, daß die angezeigte Temperatur mit systematischen Fehlern behaftet ist.

Deformation des Thermometerkörpers. Wenn der Thermometerkörper, wie etwa die dünne Bimetalllamelle eines Bosch-Drachen-Meteorographen, bei der Ventilation so zum Luftstrom steht, daß er durch den Winddruck nach einer Seite hin elastisch verbogen werden kann, so wird dadurch eine zu hohe oder zu tiefe Temperatur vorgetäuscht werden. Dieser Deformationsfehler läßt sich vermeiden, indem man dem Thermometerkörper die nötige Steifigkeit sowie eine Form mit möglichst geringem Luftwiderstand gibt und ihn symmetrisch zur Richtung des Luftstromes anordnet. Beim Bourdon-Ring des Marvin-Bungeschen Meteorographen und der Bimetall-Spirale des Flugzeug-Meteorographen sind diese Forderungen erfüllt.

Für die Bimetall-Lamelle des Bosch-Drachen-Meteorographen ist es jedoch zum Schutze vor Verbiegungen ratsam, bei Verwendung im Flugzeuge, die Stärke des unmittelbaren Luftstromes im Ventilationsrohr durch siebartige Blenden (Abb. 6 und 8) herabzusetzen.

Vibration des Thermometerkörpers. Durch die Erschütterungen des Flugzeugs, die sich trotz bester Federung nicht immer vollkommen vom Meteorographen abhalten lassen, und auch infolge böiger Struktur des Ventilationswindes kann der Thermometerkörper, wenn er nicht genügend steif ist, zu Eigenschwingungen von merklicher Amplitude angeregt werden. Diese Vibration wird sich dann auf die Schreibfeder übertragen und die Registrierkurve verbreitern.

Während bei den Bourdon-Ringen von Marvin-Bunge-Meteorographen und der kräftig gehaltenen Bimetallspirale des Flugzeugmeteorographen nichts Derartiges beobachtet wurde, sind die dünnen Bimetallamellen der Bosch-Instrumente nicht steif genug und vibrieren mitunter deutlich. Wir konnten öfters feststellen, daß dieses durch Verbreiterung der Temperaturkurve sich äußernde Vibrieren besonders bei böigem Winde auftritt, wenn das Flugzeug wie auch der Meteorograph mehr erschüttert und das Thermometer ungleichmäßiger ventiliert wird als bei stetigem Winde.

Daß eine solche Kurvenverbreiterung wirklich auf Vibration der Bimetallamelle zurückzuführen ist, wird dadurch bewiesen, daß bei einem Boschinstrument mit totem Gang im Hebelwerk des Thermographen und gut anliegender Schreibfeder die Temperaturkurve auch bei böigem Wind besonders fein gezeichnet war, feiner als die gleichzeitige Luftdruckkurve, da das Zittern des Thermometerkörpers vom toten Gang aufgezehrt und nicht bis zur Schreibfeder geleitet wurde. Man darf deshalb aber nicht absichtlich mit totem Gang arbeiten, da dann die feinere Kurvenzeichnung mit einer relativ größeren Herabsetzung der Meßgenauigkeit erkauft werden würde.

Bei Thermometerkörpern, die zum Vibrieren neigen, ist es auch aus diesem Grunde vorteilhaft, sie nicht mit dem vollen Fahrtwind zu ventilieren, sondern durch Anbringung von Blenden, am besten feinmaschiger Siebe (Abb. 6 und 8), die Ventilation zu verkleinern und homogener zu machen.

Bei der Auswertung der Registrierkurven, die auch in günstigen Fällen meist eine Breite von wenigen Zehntel mm haben, nimmt man für die Lage der unverbreiterten Kurve die Mitte des Kurvenstreifens an. Hierin liegt möglicherweise ein Fehler, falls die Erschütterungsausschläge der Schreibfeder unsymmetrisch nach einer Seite hin erfolgen. Dies kann eintreten, wenn der Schreibhebel der Bewegung des Meßkörpers nicht ganz zwangsläufig folgt, wie es beim Hygrographen und auch sonst möglich ist, oder auch bei unzulänglicher Ausbalancierung der Hebelübertragungen. Ein gut durchkonstruierter Meteorograph wird jedoch für keins der zu registrierenden Elemente einen merklichen Fehler dieser Art besitzen.

Auch abgesehen von solchen systematischen Fehlern bei der Verbreiterung der Registrierkurven wird natürlich die Genauigkeit der Temperaturmessung um so geringer, je breiter die Kurve ist. Insbesondere leidet darunter die Erkennbarkeit des feineren Aufbaues der Temperaturschichtung. Schwache Inversionen und andere Störungsschichten von geringer Mächtigkeit sowie auch geflogene kleine Stufen und Zacken werden in verbreiterten Registrierkurven verwischt oder gar verschluckt.

Es gibt einen Kunstgriff, um im Flugzeuge fein gezeichnete Registrierkurven zu erzielen, der aber unbedingt zu verwerfen ist, nämlich den Einfluß der Erschütterungen durch Reibung zu verringern. Wenn man die Achsenschrauben der Hebelübertragung stark anzieht, die Schreibfederspitzen sehr spitz macht und sie auf der Uhrtrommel so fest anliegen läßt, daß sie mit erheblicher Reibung schreiben und durch die Rußschicht das Papier ankratzen, so kann man auch im Flugzeuge Kurven ohne jede Verbreiterung bekommen. Die Erschütterungen während des Fluges sind zwar imstande, bei einem solchen Meteorographen einen Teil der Reibung unschädlich zu machen, so daß die Schreibfederspitze doch im großen und ganzen der Bewegung des Meßkörpers folgt; ein Zurückbleiben ist aber keinesfalls vollständig zu vermeiden, wie es sich aus mehreren unserer Beispiele ergab. Die Registrierkurven zeigen dann häufig, besonders bei steilem Flug, ruckweises Fortschreiten mit kleinen Stufen (Treppen), die nicht reell und nur durch Reibungsfehler verursacht sind.

Auch die Einführung eines komplizierteren Übertragungsmechanismus zwischen Meßkörper und Schreibfeder, wie sie von Assmann[1]) zur Dämpfung der Schreibfederschwingungen bei Flugzeugaufstiegen durch gradlinige Führung für Thermo- und Barograph eines Marvin-Meteorographen versucht worden ist, erscheint aus dem gleichen Grunde bedenklich, zumal dabei eine unerwünschte Vermehrung der Zahl der Drehpunkte für die mit Gelenkschienen verbundene Übertragung erforderlich ist.

Die Reibung im Übertragungsmechanismus und an der Schreibfederspitze darf nur so groß sein, daß ihre Wirkung durch die Erschütterungen bis zur Unmerklichkeit herabgesetzt wird. Sonst würde beispielsweise für die Temperaturmessung eine scheinbare Vergrößerung der Thermometerträgheit entstehen, was besonders dann stört, wenn der Unterschied zwischen wahrer und angezeigter Temperatur nur gering ist, wie etwa bei der Bestimmung des Trägheitskoeffizienten im letzten Stücke der Abklingungskurve.

c) **Luftfeuchtigkeit.** Zur Gewinnung fehlerfreier Hygrogramme im Flugzeuge gelten vielfach dieselben Gesichtspunkte, wie für die Temperaturregistrierungen. Definiert man für das Hygrometer wie für das Thermometer einen Trägheitskoeffizienten nach Analogie der Gleichung (1) im vorigen Abschnitt, so ist dieser für die gebräuchlichen Meteorographen bei abnehmender relativer Feuchtigkeit und Temperaturen über 0^0 nicht viel größer als der Trägheitskoeffizient des Thermometers[2]). Die im Flugzeuge registrierte Feuchtigkeit zeigt aber für tiefe Temperaturen und wachsende Feuchtigkeit bei schnellen Höhenänderungen oft nicht unbeträchtliches Nachhinken. Einer Herabsetzung der Hygrometerträgheit durch Verringerung der Anzahl der Haare im Bündel und lockere Packung ist durch die mechanische Beanspruchung im Flugzeuge eine Grenze gesetzt. Da das Haarbündel naturgemäß leicht vibriert, so daß die Feuchtigkeitskurve unter der Wirkung einer zu starken und inhomogenen Ventilation unerwünscht breit wird, darf man auch nicht zu kräftig ventilieren.

Im Meteorogramm der Abb. 3 kommen auch in der Feuchtigkeitskurve bei Auf- und Abstieg beide Inversionen zum Ausdruck; für den schnellen Abstieg zeigt sich die Hygrometerträgheit deutlich durch Zurückbleiben der Kurve bei wachsender Feuchtigkeit und beträchtliche Abflachung der Spitze für die untere Inversionsgrenze in 2095 m Höhe.

Ein befriedigendes Verfahren zur Feuchtigkeitsregistrierung, auch für die anderen aerologischen Aufstiege, ist bis jetzt noch nicht ausgebildet worden.

d) **Wind.** Eine Registrierung des Fahrtwindes, d. h. der Relativgeschwindigkeit des Flugzeugs zur umgebenden Luft, läßt sich durch Aufzeichnung des Staudruckes oder des von einem Schalenkreuz oder Flügelrad angegebenen Windwegs unschwer ausführen. Am besten wird man zur Erzielung streng gleichzeitiger Meßpunkte den registrierenden Teil eines solchen Geräts im Meteorographen selbst anbringen und die gleiche Uhrtrommel benutzen wie für die Registrierung von Luftdruck, Temperatur und Feuchtigkeit, was leicht ausführbar ist.

[1]) R. Aßmann, Das Kgl. Preuß. Aeronaut. Observatorium Lindenberg, Braunschweig 1915, S. 153.

[2]) E. Kleinschmidt, Beitr. z. Phys. d. fr. Atm. 2, S. 90. 1906/08.

Für den Teil des Geräts, der dem zu messenden Fahrtwind ausgesetzt ist, muß man aber beachten, daß der nahe am Flugzeuge gemessene Wert des Fahrtwindes einer Reduktion auf den wahren Wert der Relativgeschwindigkeit des Flugzeugs zur umgebenden Luft bedarf, falls man einige Genauigkeit anstrebt und nicht etwa für die Anbringung des Windmeßgeräts eine praktisch ungestörte Stelle wählt. Bei der Wahl einer solchen, wie auch bei der Reduktion für gestörte Meßstellen können die für die Luftdruckmessungen geltenden Gesichtspunkte und Erfahrungen nutzbar gemacht werden, da zwischen der Druckstörung am Flugzeuge und der Strömung ein einfacher aerodynamischer Zusammenhang besteht.

Aerologisch ist nicht der Fahrtwind, sondern der wahre Wind nach Richtung und Geschwindigkeit von Interesse. Zu dessen Bestimmung für eine gewisse Schicht braucht man außer dem Fahrtwind die im Horizontalflug aus Punkten am Erdboden ermittelte Reisegeschwindigkeit und -richtung des Flugzeugs sowie den Abtriftwinkel. Nähere Erfahrungen mit dieser prinzipiell einfachen Methode fehlen mir noch. Bei unsern Flugzeugaufstiegen haben wir uns auf gleichzeitige Höhenwindmessungen mit Pilotballonen beschränkt.

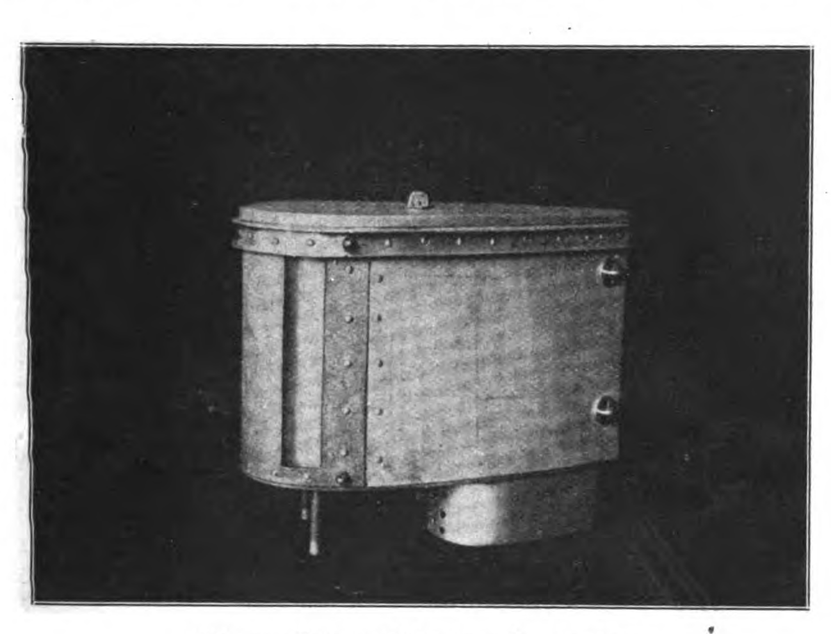


Abb. 4. Flugzeug-Meteorograph, geschlossen.

e) **Meteorographen.** Die bisher in der Aerologie für Drachen, Fesselballone und freie Registrierballone verwendeten Meteorographen enthalten zwar auch zur Verwendung im Flugzeuge alle wichtigen Bestandteile, dürfen jedoch nicht ohne weiteres übernommen werden, da die besonderen Versuchsbedingungen beim Fliegen, wie wir sahen, zu einer Fälschung der Registrierungen führen können.

Als leidlich geeignet haben sich erwiesen die Drachen-Meteorographen von Marvin-Bunge und Bosch (Abb. 1, 6 und 8), die beide ziemlich kräftig gebaut sind und mit nur geringen Abänderungen für unsere ersten, behelfsmäßigen Versuche im Flugzeuge ausreichend waren.

Auf Grund der so gewonnenen Erfahrungen ist dann als neuer Typ ein Flugzeug-Meteorograph (Abb. 4, 5, 7 und 8) entstanden, den ich aber nur als Durchgangsstadium für die Züchtung eines vollkommeneren, dem Flugzeuge noch weitergehend angepaßten Instruments ansehen möchte.

Bei der Konstruktion des ersten Modells dieses Flugzeugmeteorographen durch den »Luftschiffbau Zeppelin«, Friedrichshafen, (Herrn Schönefeld) noch während des Krieges haben die Herren L. Heß und E. Mauz mitgewirkt. Die Prüfung dieses Modells im Laboratorium und seine praktische Erprobung im Flugzeuge führte zu wesentlichen Änderungen, die ich dann in Halle, Dessau und Nordhausen im Laboratorium und Flugzeug unter Mitarbeit der Herren A. Wienecke und H. Koppe ausgeführt und erprobt habe, so daß jetzt ein praktisch bewährtes Modell vorliegt.

Die Bauart der genannten Drachen-Meteorographen setze ich als bekannt voraus und verweise bezüglich der bei ihrer Verwendung im Flugzeuge erforderlichen Maßnahmen auf das bei Besprechung der Luftdruck- und Temperaturmessungen Gesagte, sowie auf die Bemerkungen des nächsten Abschnitts über die Anbringung von Meteorographen im Flugzeuge.

Beim Flugzeug-Meteorographen werden Luftdruck, Temperatur und relative Feuchtigkeit auf gemeinsamer Uhrtrommel mit zweistündigem Umlauf und großem Trommelumfang registriert. Mit dem Hebel zum Einrücken der Schreibfedern wird auch das Uhrwerk angestellt.

Die heftigen Erschütterungen und Schwingungen sowie die kräftige Aspiration verlangen von einem Flugzeug-Meteorographen eine stabile Konstruktion aller Teile, so daß Unveränderlichkeit bei normaler Beanspruchung gewährleistet ist und merkliche Eigenschwingungen, die eine scharfe Registrierung stören, nicht auftreten können. Die Anzahl der Drehpunkte ist daher möglichst gering gehalten. Schrauben und andere Verbindungen, die sich von selbst lösen könnten, sind vermieden oder aber gesichert. Die empfindlichen Teile der Meßvorrichtung, besonders die Achsenlager, sind im Inneren des Gehäuses hinreichend vor mechanischer Verletzung, Niederschlägen und Verunreinigung durch Staub, der beim Start vom Propellerwind aufgewirbelt wird, geschützt.

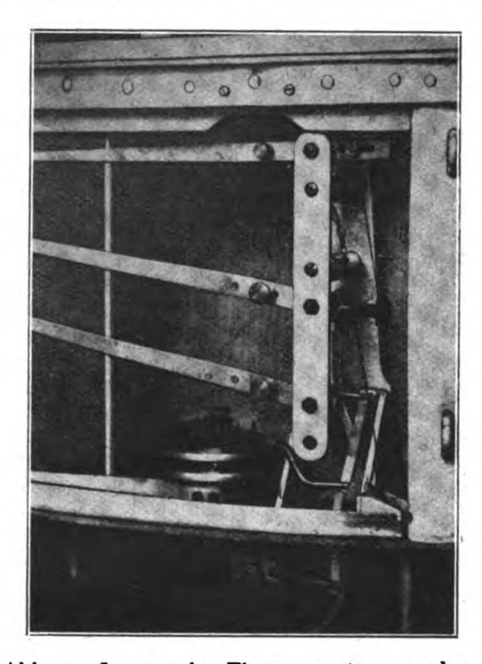


Abb. 5. Inneres des Flugzeugmeteorographen.

Der Barograph enthält erprobte Aneroiddosen mit passender Temperaturkompensation. Die Dosen werden durch Löcher im Gehäuse so ventiliert, daß man zur Berücksichtigung des Einflusses der Temperatur auf die Druckmessung die jeweilige Lufttemperatur auch als für das Aneroid gültig nehmen kann. Eine Störung der Luftdruckmessung durch den Fahrtwind tritt, wie besondere Versuche ergaben, bei dieser Anordnung nicht ein.

Als Thermometer dient ein spiralig gebogenes Bimetallband aus längs der Bandflächen verlötetem Eisen und Zink, das mit Rücksicht auf die im Flugzeuge vorkommenden Erschütterungen und Stöße ziemlich kräftig und steif gehalten ist. Der Luftstrom durchstreicht das in eine durchlöcherte Kapsel eingeschlossene Thermometer in der Richtung geringsten Widerstandes parallel den Bandflächen, kann also die Einstellung nicht durch Druckwirkung beeinflussen. Vorder- und Hinterkante des Spiralbandes sind zur Verringerung des Luftwiderstandes abgerundet. Die Thermometerträgheit ist geringer als bei den Drachen-Meteorographen.

Das Haarhygrometer weist gegenüber den üblichen nichts Besonderes auf. Es wird durch Löcher im Gehäuse so kräftig ventiliert, als es, ohne mechanisch zu stark beansprucht zu werden, verträgt.

Außer den Schreibhebeln dieser drei meteorologischen Elemente sind zwei Basisfedern angebracht, eine obere und eine untere, zur Aufzeichnung der Bezugslinien, die für die Auswertung der auf die berußte Uhrtrommel aufgezeichneten

Registrierkurven erforderlich sind. Hat man, wie üblich, nur eine Basislinie, so entstehen bei Verwendung von berußtem Papier auf der Uhrtrommel durch Verziehen des Papiers infolge von Feuchtigkeitsänderungen merkliche Fehler, die sich bei zwei Basislinien oben und unten einwandfrei erkennen und ausschalten lassen.

Als Papier wird Glanzpapier mit frischem Rußüberzug verwendet. Tintenaufzeichnung ist im Flugzeuge wegen Verspritzens und Verschmierens ungeeignet. Die aufgezeichneten Rußkurven sind bei richtiger Aufhängung des Instruments im Flugzeuge nur wenig verbreitert und für sichere Auswertung hinreichend fein.

Das mit den konstruktiven Teilen vereinigte Gehäuse besteht aus Aluminium und unterscheidet sich von anderen aerologischen Meteorographen durch seine windschnittige Form (Tropfenprofil in der Horizontalebene), wodurch ein geringerer Luftwiderstand und damit eine ruhigere Lage beim Fluge erreicht wird, sowie durch die festere Bauart, um den Beanspruchungen bei Start und Landung wie beim Fluge gewachsen zu sein; auf Gewichtsersparnis braucht im Flugzeug nicht in demselben Maße Wert gelegt zu werden wie bei Drachen- und Ballonaufstiegen, wohl aber auf möglichst geringen Luftwiderstand. Auch die unter der Bodenplatte sitzende Schutzkapsel des Thermometers hat windschnittige Form. Das Instrument verträgt alle normalerweise vorkommenden Erschütterungen und Stöße und macht mit seinen Einzelteilen keine störenden Schwingungen beim Fluge.

Die Prüfung der äußeren Gestalt des Flugzeug-Meteorographen auf Stabilität im Winde zeigte folgendes:

Die Beobachtung beim Flug ergab ein vollkommen ruhiges Liegen des an den Stielen von Doppeldeckern gefedert hängenden Instruments, ohne Auftreten von merklichen Eigenschwingungen oder Schlingern, auch in starken Kurven.

Für freies Heraushängen des Instruments unterhalb des Flugzeugs an einem gefederten Seil wurden am Flugzeugmeteorographen zur Vermehrung seiner Stabilität im Winde Leitflächen angebracht, nämlich eine abnehmbare Schwanz-



Abb. 6. Aufhängung des Bosch-Drachen-Meteorographen mit Versteifungsrahmen an zwei senkrechten Stielen (von vorne gesehen).

flosse aus Aluminiumblech von gleicher Höhe wie der Meteorograph und 17 cm Länge, die hinten in halber Höhe zwei kleine seitliche Dämpfungsflächen besaß. Dann trat im Windkanal bei 35 ms Strömung ein Abtrieb des Aufhängeseils aus der Vertikalen um 30° nach hinten ein und die Lage des Instruments im Winde war bei richtiger Fesselung auch hier ruhig und stabil.

Die vorbereitenden Versuche mit dieser Art der Aufhängung des Flugzeug-Meteorographen fanden zum Teil mit Unterstützung durch die Forschungsanstalt Professor Junkers in Dessau statt.

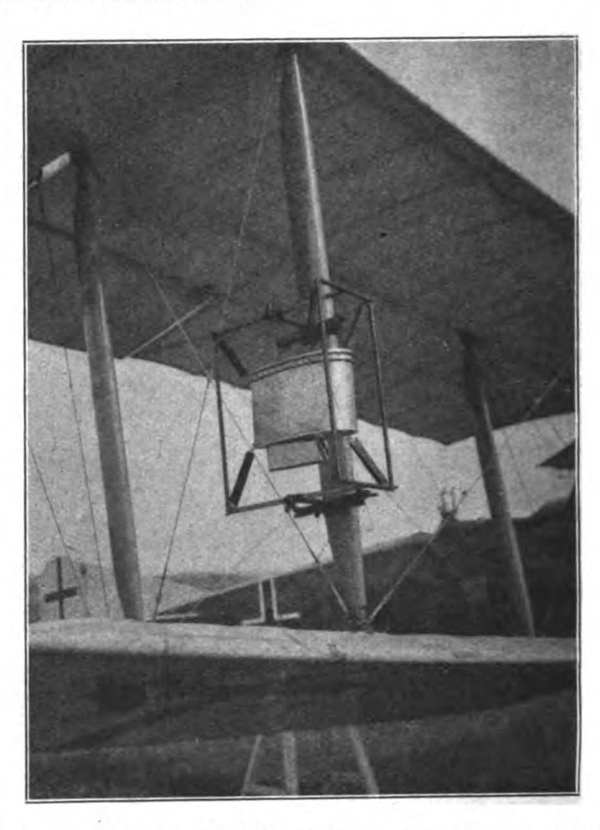


Abb. 7. Aufhängung des Flugzeug-Meteorographen im Einheitsgestell an einem senkrechten Stiel.

f) **Anbringung von Meteorographen im Flugzeuge.** Zur Frage der zweckmäßigen Anbringung von Meteorographen im Flugzeuge haben wir viele Erfahrungen gesammelt, von denen ich hier nur die wesentlichsten herausheben will[1]; sie lassen sich ohne weiteres auch dann verwerten, wenn man mit einzelnen Registrierinstrumenten für Luftdruck, Temperatur, Feuchtigkeit oder Wind diese meteorologischen Momente getrennt aufschreiben läßt.

Für die Wahl des geeigneten Ortes am Flugzeuge ist das maßgebend, was bereits bei Besprechung der Luftdruck- und Windstörung am Flugzeuge, sowie der Thermometer- und Hygrometerträgheit gesagt wurde.

Außerdem sind aber noch folgende Gesichtspunkte zu beachten:

Für die Anbringung des Instruments hat man einen Ort zu wählen, wo weder die Abgase des Motors noch der Propellerwind stören. Beide Wirkungen sind räumlich scharf begrenzt und gehen nicht hinaus über den durch die Propellergröße gegebenen, nach hinten sich erstreckenden zylindrischen Raum, der in der Regel auch den Wirkungsbereich des Motors samt Auspuffrohr enthält. In dieser Hinsicht störungsfreie Meßstellen wird man daher für alle Flugzeugtypen im äußeren Zwischenraum der Tragflächen bei Mehrdeckern oder auch unterhalb des Flugzeugrumpfes finden. Die Motorgase, auch die vom Motor nach hinten abfließende warme Luft, beeinträchtigen alle Instrumente thermisch und greifen sie mechanisch und chemisch an. Der Luftschraubenstrahl, also auch Rumpf und Fahrgestell (Abb. 8), ist wegen der Stärke und Wirbeligkeit seiner Strömung besser zu meiden.

Die bisherigen Versuche sind vorwiegend mit zwei- und einsitzigen Doppeldeckern (C- und D-Maschinen) angestellt worden. Hier bieten die Stiele die beste Gelegenheit zur bequemen Befestigung der Instrumente zwischen den Tragflächen (Abb. 1, 6 und 7). Man wird bei Flugzeugtypen

[1]) Ausführlicheres darüber: A. Wigand und A. Wienecke, Beitr. z. Phys. d. fr. Atm. 9, S. 148, 1920/21.

mit mehreren Stielsystemen auf beiden Seiten meist die äußeren Stiele wählen. Da aber die Schwingungen der Flügel und Stiele mit der Entfernung vom Rumpf wachsen müssen, so empfiehlt es sich, zwecks möglichster Verringerung der Erschütterungen des Meteorographen nur dann an die äußeren Stiele zu gehen, wenn man an den inneren Stielen dem Luftschraubenstrahl zu nahe ist. Schwierigkeiten für die Führung des Flugzeugs entstehen durch solche Aufhängung von Meteorographen an den Stielen (auch den äußeren) nach den Erfahrungen bei mehreren hundert Flügen keineswegs.

Ferner kann man das Instrument unterhalb des Flugzeugs frei hängen lassen, wo alle Störungen am geringsten sind. Diese Anbringungsart ist für Eindecker die allein einwandfreie. Sie erfordert eine so günstige Luftwiderstandsform des Meteorographen, daß er, an einem Punkte aufgehängt, von selbst ruhig im Winde steht.

Zu hinreichend erschütterungsfreier Aufhängung des Meteorographen gelangten wir durch folgende Überlegungen und Maßnahmen:

Bei allen Registrierungen im Flugzeuge sind sehr störend die periodischen Erschütterungen, die von den Stößen des Motors und den Eigenschwingungen der Flugzeugteile sowie des Registrierinstruments und seiner Einzelteile, auch von periodischer Wirbelbildung an den Flügeln und am Instrument herrühren. Solche Erschütterungen können durch Losschlagen von Einzelteilen des Meßgeräts bis zu seiner Beschädigung führen, oder sie bewirken wenigstens eine unliebsame Verbreiterung der Registrierkurve. Durch Untersuchung der Schwingungsperiode und Richtung dieser Erschütterungen und entsprechend abgestimmte und gerichtete Abfederung des in günstigster Lage und an geeigneter Stelle angebrachten Instruments lassen sich diese Störungen auf ein zulässiges Minimum herabsetzen, so daß die Kurven genügend fein gezeichnet sind. Vom Meteorographen ist zu verlangen, daß er leichte Erschütterungen ohne Schaden verträgt und als Ganzes mit seiner Aufhängung wie auch in seinen Einzelteilen gut ausbalanciert ist.

Mit solcher elastischer Aufhängung sind dann auch heftigere Einzelstöße bei Start und Landung wie auch bei unstetigem Fluge für den Meteorographen ungefährlich, wenn man ihn nicht gerade im Fahrgestell unterbringt.

Um Schwingungen des Meteorographen mit zu groß werdenden Amplituden aufzuhalten, haben wir vielfach bei der Aufhängung an zwei Stielen von Doppeldeckern sog. Fangdrähte neben den Haltefedern angebracht (Abb. 1). Ein Stück Bindedraht, etwas länger als die angespannte Feder, wird an den Enden der Feder befestigt, so daß diese nur um $\frac{1}{2}$ bis 1 cm weiter ausgedehnt werden und daher große Schwingungsamplituden nicht erreichen kann. Wenn es nicht darauf ankommt, die Aufhängevorrichtung des Meteorographen besonders schnell anzumontieren, so ist die Methode der Fangdrähte nicht unbequem. Sie ist von Herrn Wienecke eingeführt worden und hat sich in ihrer günstigen Wirkung auf die Ausschaltung des Einflusses der Erschütterungen gut bewährt.

Hat man an Doppeldeckern für die Anbringung des Meteorographen ein Stielpaar zur Verfügung, so ist zu bedenken, daß die Befestigung des Instruments an zwei Stielen stabiler ist als nur an einem Stiele. Die Störungen durch Erschütterungen sind geringer, wenn das Instrument an je zwei Punkten des vorderen und hinteren Stiels zugleich befestigt wird (Abb. 1 und 6), als bei Anbringung allein an zwei Punkten des vorderen Stiels (Abb. 7). Jedoch hat diese letztere Befestigungsart den Vorteil, daß man das Instrument samt seiner Aufhängevorrichtung schneller an- und abmontieren und bei Verwendung geeigneter Einheitsgestelle jedem Flugzeugtyp mit den verschiedenartigen Profilen und Neigungen der Stiele sofort anpassen kann. Will man also auf einem Flugplatz verschiedene Flugzeugtypen benutzen und jede sich bietende Fluggelegenheit schnell wahrnehmen, so wird man diese Befestigungsart mit Einheitsgestell an einem Stiel vorziehen. Wenn dagegen für die wissenschaftlichen Flüge dauernd ein und dasselbe Flugzeug zur Verfügung steht, oder auch wenn man im Einzelfalle in Ruhe die erschütterungsfreieste Aufhängung vorbereiten kann, so empfiehlt sich mehr die Befestigung an zwei Stielen.

Entscheidet man sich für die Anbringung des Meteorographen an einem Stiele, so ist ein starres Gestell, in das der Meteorograph mit 6 oder 8 Federn eingespannt wird, unvermeidlich. Es wurde in verschiedenen Formen als für alle Flugzeugtypen passendes Einheitsgestell ausgeführt. Wesentlich an einem solchen sind die Schellen, mit denen es am Stiel festgemacht wird, und die für die Anpassung an verschiedene Stielneigungen am Gestell dreh- und verschiebbar sowie auch für die Umklammerung verschieden dicker Stiele verstellbar eingerichtet sind. Solche im Gebrauch bequeme, zuverlässige Gestelle sind von den Herren W. Brückmann, der sich besonders um die Ausbildung dieser Aufhängungsart verdient gemacht hat, und L. Heß (Abb. 7) angegeben worden. Es ist klar, daß ein solches Gestell die Schwingungen seiner beiden Befestigungspunkte am Stiel in verstärktem Maße mitmacht und auf den Meteorographen überträgt. Trotzdem erhält man bei richtiger Federung mit solcher einstieliger Aufhängung brauchbare Registrierkurven.

Wir haben mit dem Streben nach möglichster Befreiung des Meteorographen von Erschütterungen meist die Aufhängung an zwei Stielen angewendet, wobei man auf ein besonderes starres Gestell, zu dem die Federn vom Meteorographen aus hinführen, verzichten kann. Die Abb. 1 und 6 zeigen die Einzelheiten dieser durch Lieferung glatter und sauberer Registrierkurven bewährten Aufhängung, bei der beispielsweise mit Drachenmeteorographen von Bosch die Breite der Ruß-Kurven weniger als $\frac{1}{2}$ mm betrug; mit einstieliger Aufhängung waren die entsprechenden Kurven in der Regel etwas mehr verbreitert.

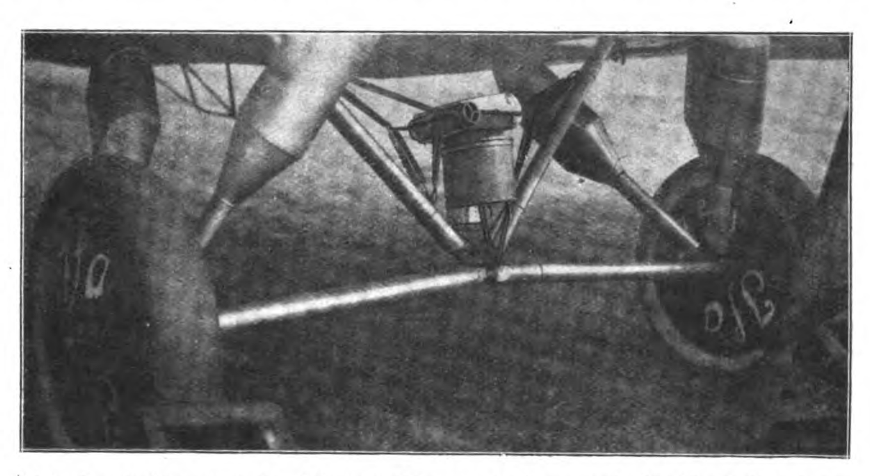


Abb. 8. Aufhängung des Flugzeug-Meteorographen und des Bosch-Drachen-Meteorographen im Fahrgestell eines Junkers-Metalleindeckers.

Für die Federung eignen sich am besten stark gespannte, unverkleidete Stahlspiralen.

Bei zweistieliger Aufhängung nimmt man zur Befestigung der Federn an den Stielen Schellen oder auch behelfsmäßig Schlingen von Bindedraht, die sich als zuverlässig bewährt haben.

Während das Gehäuse des Flugzeugmeteorographen in sich fest genug ist, um ein unmittelbares Anhängen der Federn zu vertragen, müssen die im Flugzeuge verwendeten Drachen- und Ballonmeteorographen durch besondere, der Gehäuseform genau angepaßte Rahmen versteift werden, an denen dann die Federn in Ösen angreifen. Ein solcher Versteifungsrahmen (Abb. 1 und 6), in den diese Meteorographen geschraubt oder eingeschnallt werden, ist für jede Art der gefederten Aufhängung an einem oder an zwei Stielen erforderlich und ermöglicht auch ein bequemes und schnelles Einsetzen und Herausnehmen des Meteorographen.

Für die Aufhängung des Meteorographen frei unter dem Flugzeuge an einem gefederten Haltedraht oder Seil geschieht die Abfederung gegen die längs des Halteseils vom Flugzeuge her fortgepflanzten Erschütterungen durch eine zwischengeschaltete Spiralfeder, deren Härte

und Länge so auszuprobieren ist, daß keine merklichen Resonanzschwingungen auftreten.

Da der Meteorograph bei dieser Anbringungsart während des Fluges hinausgelassen und eingeholt werden muß, ist eine besondere Vorrichtung erforderlich, die diese Handlungen bequem und sicher auch durch den Flugzeugführer vorzunehmen gestattet, so daß das Instrument sofort nach dem Start bis kurz vor der Landung in richtige Funktion gebracht werden kann. Diese Vorrichtung ist zugleich mit einer Aufhängung zu verbinden, die so gut federt, daß die Stöße bei Start und Landung dem Meteorographen nicht schaden.

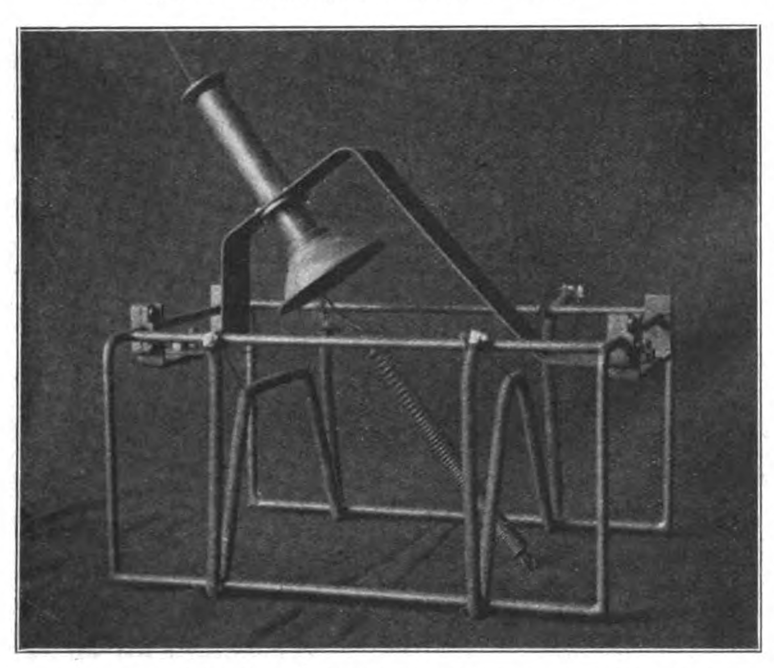


Abb. 9. Freiauslaß-Gestell für den Flugzeug-Meteorographen.

Abb. 9 zeigt ein solches Freiauslaßgestell, das außen am Rumpfboden oder an einer Seitenwand festgemacht wird. Der Meteorograph sitzt, wenn das Halteseil nach oben fest angezogen wird, sicher und gut gefedert in den beiden, seiner Form angepaßten Lagern aus Gummischnur, von denen er durch Auslassen des Seils nach unten frei kommt. Beim Einholen legt sich das Instrument von selbst in die Gummilager. Das Halteseil läuft von der Spiralfeder am Meteorographen durch ein beiderseitig trichterförmig auslaufendes Führungsrohr am Gestell und eine kleine Öffnung im Rumpfboden oder seitlich von außen zum Passagier- oder Führersitz und kann von dort mit einem Kurbelrad bequem in wenigen Sekunden ausgelassen und eingeholt werden.

Zu endgültiger Erprobung dieser Anbringungsmethode, die besonders für Eindecker Bedeutung hat, beim Fluge fehlte bis jetzt noch die Gelegenheit.

2. Bedeutung aerologischer Flüge für die Luftfahrt.

Wir wollen uns kurz den Wert klar machen, den die Ausführung aerologischer Messungen im Flugzeuge für die praktische Luftfahrt besitzt, und trennen dabei a) die Ermöglichung einer exakten Bewertung der Flugleistungen von b) den Vorteilen der besseren Ausnutzung der Eigenschaften des Luftmeeres beim Fluge.

a) Die Einsicht von der großen Ungenauigkeit der üblichen Höhenbestimmung im Flugzeuge, etwa bei der Beurteilung von Höhenrekorden, hat sich, nachdem ich vor 1½ Jahren mit Angabe der möglichen Fehler und ihrer Größe nachdrücklich darauf hingewiesen hatte[1]), weiter verbreitet, so daß heute schon allgemeiner strengere wissenschaftliche Anforderungen an die Höhenbestimmung gestellt werden.

Ferner hat sich die Erkenntnis durchgesetzt, daß zur Bewertung von Flugleistungen, nämlich der Steigfähigkeit und der Geschwindigkeit eines Motorluftfahrzeugs, nicht so sehr die Höhe, als vielmehr die Luftdichte das richtige Maß abgibt. Damit wird es aber klar, daß man einwandfreier Registrierungen des Luftdrucks und der Temperatur beim Fluge bedarf, was nicht näher begründet zu werden braucht. Erst wenn etwa ein brauchbares Gerät zur direkten Luftdichteregistrierung vorliegen sollte, wie es die Ausschreibung des Rumpler-Preises zu erzielen versucht, wird man in gewissen Fällen auf einen Temperaturschreiber verzichten können. Die zur richtigen Temperaturmessung im Flugzeuge erforderlichen Maßnahmen sind unverändert auch für die Luftdichtemessung im Flugzeuge nötig.

Die Fehler der Luftdruck- und Temperaturbestimmung beim Fluge wurden durch unsere Untersuchungen soweit beseitigt, daß man mit Meteorographen für die Höhe oder Luftdichte eine Genauigkeit von etwa 1 bis 2 vH. leicht erreichen und, wenn man will, auch noch übertreffen kann. Demgegenüber ist die Bestimmung der Höhe eines Flugzeugs auch bei sorgfältiger Ausführung mit guten, geprüften Barometern in der meist üblichen Art der Anbringung und unter der Annahme einer durchschnittlichen vertikalen Temperaturverteilung, aber ohne gleichzeitige Temperaturmessungen während des ganzen Aufstiegs, mit einem Fehler von mindestens 10 vH. behaftet. Der Temperatureinfluß auf »kompensierte« Aneroide und die Schwierigkeit seiner genauen Berücksichtigung, ferner die wirklichen Abweichungen von der durchschnittlichen vertikalen Temperaturverteilung, schließlich eine nicht genügend gegen Druckstörungen und Erschütterungen geschützte Anbringung des Aneroids im Flugzeuge sind die beträchtlichen Fehlerquellen einer solchen Höhenbestimmung.

Die zur Bewertung der Flugleistung neben der Luftdichtemessung nötige Geschwindigkeitsbestimmung vom Flugzeuge aus bedarf wegen der in der Nähe des Flugzeugs gestörten Strömung im allgemeinen einer Reduktion, auf die ich bereits hingewiesen habe, und die mit Berücksichtigung der mitgeteilten Erfahrungen über die Druckstörungen ermittelt oder aber durch geeignete Wahl einer ungestörten Meßstelle vermieden werden kann.

b) Jede Förderung der Kenntnis des Luftmeeres, als des Elements der Luftfahrt, kommt direkt der Luftfahrt selbst zugute; das bedarf hier keiner näheren Begründung, da die dabei in Betracht kommenden Gesichtspunkte hinreichend bekannt sind.

Nun bedeutet aber die Einführung des Flugzeugs als Forschungsmittel in die Aerologie ohne jeden Zweifel eine Verbesserung der Methodik und damit auch einen wissenschaftlichen Fortschritt, da wir so die in der bisherigen aerologischen Methodik noch liegenden Mängel durch andersartigen Aufstiegsbetrieb besser kennen und beseitigen lernen. Ob den in der Aerologie für die täglichen Terminbeobachtungen verwendeten Drachen und Fesselballonen im Flugzeuge, wie es den Anschein hat, ein erfolgreicher Wettbewerber erstanden ist, läßt sich zwar noch nicht entscheiden, ehe die Frage der Wirtschaftlichkeit eingehend geprüft ist. Die wissenschaftliche Überlegenheit des Flugzeugs als aerologischen Forschungsmittels kann aber schon jetzt als feststehend gelten, da uns das Flugzeug dem aerologischen Ideal, nämlich dem Momentbild des Zustandes der Atmosphäre über einem bestimmten Ort, einen großen Schritt näherbringt. Dieser »Moment« ist beim Flugzeugaufstieg nur ein Bruchteil desjenigen beim Drachenaufstieg. An Flughöhe und Kürze der Aufstiegsdauer, an geringer Ortsveränderung (da man ja Platzflüge von engem Umkreis ausführen kann) und schneller Auswertbarkeit der übersichtlicheren Registrierung, ferner auch an größerer Pünktlichkeit und damit strengerer Gleichzeitigkeit bei mehreren Stationen ist die Flugzeugmethode der Drachenmethode über. Es bietet sich hier eine neue, vorzügliche Verwendungsmöglichkeit für die im Kriege als Jagdflugzeuge ausgebildeten kleinen Einsitzer.

Ein solcher Fortschritt bringt nun sofort durch die Möglichkeit einer intensiveren und genaueren täglichen Untersuchung eine bessere Erkenntnis der atmosphärischen Zustände und ihrer Zusammenhänge mit sich und führt dadurch zu einer Erhöhung der Treffsicherheit der Wettervorhersage. Die wissenschaftliche Wetterkunde und der praktische Wetterdienst sind aber leider noch nicht so weit, um ein neues Hilfsmittel für die prognostische Tätigkeit nicht freudig zu begrüßen.

Vergleicht man das Meteorogramm eines Hochfluges (Abb. 3) mit dem eines Drachenaufstieges, so springt als Vorzug des ersteren sogleich seine bessere Übersichtlichkeit

[1]) A. Wigand, Die Naturwissenschaften 7, S. 487. 1919.

in die Augen, da der Flug gleichmäßiger vor sich geht und die durch die Technik des Drachenbetriebs bedingten Pausen im Weitersteigen vermeiden kann. Das Flugzeugthermogramm ist gewissermaßen gleich eine Zustandskurve, in der man jeden Knick leicht erkennen und mit Bezugnahme auf das gleichzeitige Barogramm sofort wenigstens qualitativ als Grenze seiner Inversion, Isothermie oder Schicht mit sonstwie unstetig geändertem Temperaturgradienten deuten kann.

Dadurch ist nicht nur ein schnelleres Auswerten des Diagramms nach dem Fluge möglich, sondern auch der Flugzeugführer wird während des Fluges aus dem übersichtlichen Meteorogramm, wenn man das Instrument gut beobachtbar anbringt, den Gleichgewichts- und Bewegungszustand der verschiedenen Luftschichten und seinen Einfluß auf das Verhalten des Flugzeugs erkennen und verwerten können, worauf bereits Assmann[1]) hingewiesen hat. Wie dies mit Vermeidung der im Flugzeuge auftretenden Druck- und Temperaturstörungen zu erreichen sei, bleibt einer Weiterbildung der Methodik noch vorbehalten. Die Zweckmäßigkeit eines solchen Hilfsgeräts zum Aufsuchen stabiler Schichten, die nach ihrer Temperatur und Luftbewegung besonders günstig sind, für Luftschiffe ebenso wie für Flugzeuge liegt auf der Hand, besonders bei weiten Flügen.

Vielleicht ist die schon vor vielen Jahren von Assmann versuchte direkte Aufzeichnung der Temperatur als Funktion des Luftdruckes ohne Uhrwerk für ein solches, hauptsächlich fahrtechnisch verwendetes aerologisches Registriergerät von Vorteil. Für aerologische Aufstiege hat sich diese Methode nicht als geeignet erwiesen, da ohne die Kontrolle des zeitlichen Verlaufs der Aufzeichnung die erreichbare Genauigkeit zu gering war.

Bei großen Flugstrecken und längerer Fahrt (etwa über den Ozean) mit Flugzeugen wie mit Luftschiffen ist es zur Erhöhung der Wirtschaftlichkeit wie der Betriebssicherheit eines Weit-Luftverkehrs erwünscht, die Wetterentwicklung am jeweiligen Orte des Luftfahrzeugs mit aerologischem Meßgerät beim Fluge selbst zu verfolgen und damit die einlaufenden funktelegraphischen Wettermeldungen zu kontrollieren und zu ergänzen. Nur so wird bei solchen Fahrten dauernd die beste Ausnutzung meteorologisch günstiger Luftschichten und Fahrtwege möglich sein, indem der Führer, um in möglichst stabiler Schicht und mit bester Ausnutzung der Windbahnen an Zeit und Betriebsstoff zu sparen, eventuell durch das Meteorogramm zu Höhen- und Kursänderungen veranlaßt wird und heftigen atmosphärischen Störungen (Gewitter, Tornado, Taifun) aus dem Wege gehen kann.

III. Luftelektrische Flüge.

1. Vorbereitung und Ausführung.

Nicht nur für die Aerologie ist das Flugzeug als Forschungsmittel verwendbar; eine umfassende, methodische Erforschung auch anderer Gebiete der Aerophysik, nämlich der Luftelektrizität und der Sonnenstrahlung in der freien Atmosphäre bis in große Höhen hinauf, liegt nun im Bereiche der Möglichkeit. Wie sehr ein systematischer Betrieb regelmäßiger Registrieraufstiege diese Gebiete fördern wird, ist jedem klar, der den stichprobenartigen Charakter aller bisherigen Forschungen dieser Art, die vorwiegend Freiballonbeobachtungen waren, kennt. Über die luftelektrischen Tatsachen in dem von unserer Luftfahrt beherrschten Teile der Atmosphäre wissen wir nur in groben Zügen Bescheid; und die ursächlichen Zusammenhänge sind noch so wenig erforscht, daß wir den Grundproblemen der Luftelektrizität, nämlich der Bildung und Aufrechterhaltung des elektrostatischen Erdfeldes und der Entstehung der Gewitterelektrizität, noch recht hilflos gegenüberstehen.

Luftelektrische Ballonbeobachtungen bedürfen meist längerer Beobachtungszeiten und haben daher den unvermeidlichen methodischen Nachteil, daß sie nur in bevorzugten Schichten, in denen sich der Ballon eine Zeitlang von selbst im Gleichgewicht hält, ausgeführt werden können. Solche Stabilitätsschichten sind immer durch geringe Temperaturabnahme nach oben, durch Isothermie oder Temperaturinversion ausgezeichnet. Für andere Schichten gelingt es im Ballon nur vereinzelt, luftelektrische Beobachtungen zu gewinnen.

Das Flugzeug dagegen ermöglicht als Träger luftelektrischer Instrumente mit subjektiver oder besser noch registrierender Beobachtung gleichmäßig für jede durchstiegene Schicht brauchbare Messungen. Will man die im Ballon verwendeten Beobachtungsmethoden mit geeigneten Änderungen auf das Flugzeug übertragen, so wird man zwar auch hier in vielen Fällen den Aufstieg stufenförmig gestalten müssen, kann aber in jeder gewünschten Höhenlage, unabhängig von der vertikalen Temperaturverteilung und der durch sie bedingten Stabilität der Schichtung, solange horizontal fliegen, als die Beobachtungen dauern sollen. Werden hingegen Methoden verwendet, durch die man Momentanwerte der luftelektrischen Elemente erhält, was mit Benutzung der starken, im Flugzeuge zur Verfügung stehenden Aspiration ausführbar ist, so genügt ein einfacher Aufstieg ohne Stufen, um lückenlose Beobachtungen in allen durchflogenen Schichten durchführen zu können. Das Flugzeug gestattet es daher, im Gegensatz zum Freiballon, mit regelmäßigen Terminaufstiegen von kurzer Dauer über einem bestimmten Orte eine vollständige und systematische luftelektrische Erforschung der Atmosphäre schon jetzt bis zur Grenze der Troposphäre, bald wohl auch darüber hinaus, einzuleiten.

Das bei diesen Arbeiten von mir erstrebte Ziel ist zunächst die Ausbildung einwandfreier Registriermethoden zur Untersuchung des elektrischen Zustandes der freien Atmosphäre mit dem Flugzeuge; hierbei stehen mir die Erfahrungen unserer Halleschen luftelektrischen Freiballonfahrten vor und nach dem Kriege zur Verfügung. Und dann ist ins Auge zu fassen die Durchführung eines regelrechten Betriebes von terminmäßigen Flugzeugaufstiegen an mehreren Orten derart, daß eine synoptische Darstellung des luftelektrischen (ähnlich wie des aerologischen) Zustandes der Atmosphäre über einem größeren Gebiete bis zu großer Höhe möglich wird.

a) **Elektrometer.** Als luftelektrisches Meßinstrument im Flugzeuge hat sich bei unsern Versuchen das Wulfsche Zweifadenelektrometer in guter elastischer Aufhängung als hinreichend gegen die Erschütterungen unempfindlich erwiesen, wenn man seine übliche Meßempfindlichkeit durch stärkere Fadenspannung auf etwa 5 Volt für einen Skt. herabsetzt. Die Vibrationen äußern sich dann nur in einer geringfügigen Verbreiterung der Fäden, so daß auch photographische Registrierung möglich sein wird. Man hängt das Instrument ähnlich wie den Meteorographen gefedert auf oder lagert es auf Luftkissen oder massiven Gummipolstern und kann es auch im Flugzeugrumpf anbringen.

b) **Ausgleichung.** Für Flugzeugmessungen des luftelektrischen Spannungsgefälles, Ionengehaltes und der Leitfähigkeit sowie des Gehalts der Luft an radioaktiven Substanzen ist es unerläßlich, daß ein etwa auftretender elektrischer Spannungsunterschied des Flugzeugs gegen die umgebende Luft durch Entfernung der ihn erzeugenden Eigenladung des Flugzeugs ausgeglichen wird. Und zwar muß diese Ausgleichung in kürzester Zeit erfolgen, wenn man die im Flugzeuge möglichen, neuen luftelektrischen Momentanmethoden anwenden und schnelle Schwankungen der luftelektrischen Elemente untersuchen will.

Es liegt nahe, anzunehmen, daß der Motor infolge der hohen Leitfähigkeit seiner Verbrennungsgase als guter elektrostatischer Ausgleicher wirkt. Dem scheint aber nicht so zu sein. Man beobachtet vielmehr am Stand und bei Laboratoriumsversuchen (Dieckmann und Fischer[1]), Linke[2]), Fuhrmann und Everling (1914)) eine Aufladung isolierter Explosionsmotoren, wobei bemerkenswerterweise mit Zunahme der Motordrehzahl die Höhe des Aufladepotentials abnimmt und mit Änderung der Motorbelastung sowie bei Berührung des Motors das Vorzeichen der Aufladung wechseln kann. Auch fliegende Luftfahrzeuge scheinen sich durch ihre Motoren aufzuladen; ob dies aber bei allen Arten von Explosionsmotoren und auch bei voller Drehzahl geschieht, ist noch nicht sicher.

Die Ursachen dieser Aufladung des Motors sind noch unaufgeklärt. Vermutlich entsteht sie durch Reibung der

[1]) R. Aßmann, Jahrb. d. WGL, 1, S. 42. 1913; »Das Kgl. Preuß. Aeronaut. Observatorium Lindenberg«, Braunschweig 1915, S. 351.

[1]) M. Dieckmann und K. Fischer, ZFM 1912, S. 56.

[2]) F. Linke, Jahrb. d. WGL 2, S. 170, 1914.

staubhaltigen Abgase im Auspuff. Die eigene Leitfähigkeit der heißen Gase wird voraussichtlich bei geeigneten Vorrichtungen am Auspuff zur Vermeidung des Aufladungseffekts und auch noch zur Ausgleichung etwaiger anderer Eigenladungen des Luftfahrzeugs ausreichen. Versuche hierzu im fliegenden Flugzeuge durch Beobachtung des Spannungsgefälles vom Flugzeuge aus sind in Vorbereitung. Die Isolationsschwierigkeiten der Laboratoriumsversuche verschwinden dabei, und es liegen die wirklich in Betracht kommenden Motor-Betriebsverhältnisse vor.

Wenn die Ausgleichung des Flugzeugs durch den Motor nicht gesichert ist, müssen kräftig wirkende Ausgleichskollektoren am Flugzeuge angebracht werden. Wir verwendeten dazu Spritz- und Radium-F-Ausgleicher (vgl. Abschnitt III 1 d α). Zur laufenden Kontrolle der vollständigen Ausgleichung kann man die Beobachtung des Spannungsgefälles vom Flugzeuge aus benutzen.

c) **Spannungsgefälle.** Zur Messung des Spannungsgefälles berücksichtigt man die durch das Flugzeug, auch wenn es ausgeglichen ist, hervorgerufene Deformation des elektrostatischen Feldes der Atmosphäre nach den im Freiballon gewonnenen Erfahrungen in der Weise, daß entweder zwei Meßkollektoren oder nur einer in das störungsfreie Gebiet tief unterhalb des Flugzeugs an Drähten hinabgelassen werden. Im ersteren, technisch schwierigeren Falle bekommt man aus dem Spannungs- und Höhenunterschiede der beiden Kollektoren direkt Absolutwerte des Spannungsgefälles. Nach der zweiten Methode mißt man in einer bestimmten Tiefe unter dem Flugzeuge den Spannungsunterschied des Kollektors gegen das ausgeglichene Flugzeug, also einen Relativwert, der durch Ausmessung der Feldstörung an Flugzeugmodellen in einem künstlichen elektrostatischen Felde im Laboratorium auf den Absolutwert des Spannungsgefälles zu reduzieren ist.

Die hierzu nötigen Modellversuche hat Herr Müller[1]) auf meine Veranlassung begonnen, indem er zunächst den allgemeinen Verlauf der elektrostatischen Niveauflächen um ein ausgeglichenes Flugzeugmodell bestimmte (Abb. 10), so daß man danach ganz allgemein die Mindesttiefe unter dem Flugzeuge angeben kann, in der das Feld zur Anbringung von Meßkollektoren hinreichend ungestört ist. Diese Tiefe ist etwa gleich dem 1½fachen der Gesamthöhe des Flugzeugs unter dem Fahrgestell.

Für die Relativmethode mit nur einem Kollektor ist die Lage der Ausgleichs-Niveaufläche des Flugzeugs von Bedeutung; diese hängt ab vom Flugzeugtyp, besonders von der Lage des Auspuffs und etwaiger Ausgleichskollektoren am Flugzeuge, wahrscheinlich auch vom Anstellwinkel. Zur Erlangung des Reduktionsfaktors für solche Relativmessungen des Spannungsgefälles sind daher besondere Modellversuche für das verwendete Flugzeug mit seiner Versuchsanordnung erforderlich.

Als Meßkollektoren im Flugzeuge werden kräftige radioaktive Präparate, besonders Ionium, verwendet. Die gute Ventilation beim Fluge sorgt für hinreichend scharf definierte und unveränderliche Lage des Bezugspunktes des Kollektors.

Es wird sich voraussichtlich erreichen lassen, die Wirkung des Ausgleichkollektors wie des Meßkollektors im Flugzeuge so zu verstärken, daß die Dauer der Einstellung nur sehr kurz ist und man Momentanwerte des Spannungsgefälles ohne erhebliches Nachhinken bekommt, also den Aufstieg gleichmäßig ohne Stufen ausführen kann. Das ist auch für die Untersuchung der schnellen Potentialschwankungen, die sich funktelegraphisch als »luftelektrische Empfangsstörungen« bemerkbar machen, wesentlich.

d) **Leitfähigkeit, Ionengehalt und Ionenbeweglichkeit.** Je nach den Abmessungen des Kondensators, der von der zu untersuchenden Luft durchstrichen wird, je nach der Luftgeschwindigkeit und der Höhe der angelegten Spannung erhält man die beiden Entladungsformen des »freien Stroms« oder des »Sättigungsstromes« und entsprechend die Leitfähigkeit λ oder den Ionengehalt E der Luft. Aus gleichzeitigen Werten für λ und E ist die Beweglichkeit v der Luftionen einfach zu berechnen: $\lambda = E \cdot v$.

Die bisher von mir gemeinsam mit Herrn Koppe im Flugzeuge ausgeführten Versuche beschränken sich, da eine Fortsetzung wegen des darniederliegenden deutschen Flugwesens noch nicht möglich war, einerseits (α) auf die Anpassung eines Ebertschen Ionenzählers an das Flugzeug und eine Anzahl Versuchsflüge mit subjektiver Ablesung zur Erprobung dieser Methode; die beiden letzten dieser Flüge ergaben bis zu Höhen von 4,3 und 5,2 km befriedigende zeitliche Mittelwerte für den polaren Ionengehalt (E_+ und E_-). Anderseits (β) habe ich eine neue Methode zur Bestimmung von Momentanwerten des Ionengehalts und der Leitfähigkeit im Flugzeuge durch Strommessung konstruktiv und mit Laboratoriumsversuchen vorbereitet.

α) Messung zeitlicher Mittelwerte. Unter Hinweis auf die in anderen Veröffentlichungen mitgeteilte ausführlichere Beschreibung der Flugzeugmethodik[1]) mit dem Ebertschen Ionenzähler seien hier nur mit einigen Erläuterungen die Abb. 11 bis 13 wiedergegeben: das Forschungsflugzeug als Ganzes (eine C-Maschine Maybach-Rumpler von 260 PS, bester Steigfähigkeit), sodann ein Blick abwärts von

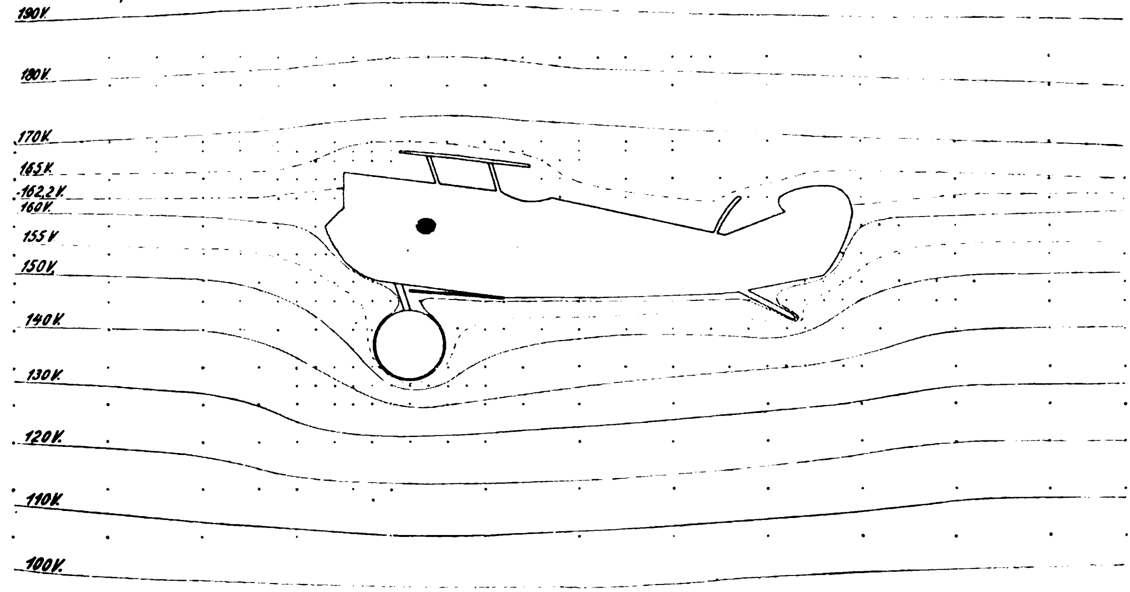


Abb. 10. Doppeldecker, von außen her auf das Potential 162,2 Volt aufgeladen. $\frac{dV}{dh} = 1,55$ Volt/cm.

[1]) W. Müller, Diss. Halle 1920; Ann. der Physik 63, S. 585, 1920.

[1]) H. Koppe, Illustr. Flugwelt 1, Heft 9, 1919; A. Wigand und H. Koppe, Beitr. z. Physik d. fr. Atmosphäre 1921.

hinten auf den als Beobachtungsraum eingerichteten Beobachtersitz und den Führersitz, schließlich eine Skizze der Einrichtung des Beobachtungsraumes im Aufriß.

Der Ebertsche Ionenzähler mit dem Wulf-Elektrometer E (Abb. 13) von 20,0 cm Gesamtkapazität wurde im Beobachterraum des Flugzeugs mit dem 40 cm langen Kondensatorzylinder Z nach unten, durch Stahlspiralen und Gummizüge nach allen Seiten gefedert aufgehängt. Der vom Fahrtwind erzeugte und durch den Verschluß V regulierbare Luftstrom tritt unter dem Rumpf, genügend weit entfernt von den Abgasen des Motors, durch ein nach vorn umgebogenes, mit dem Zylinder Z verbundenes Rohr R ein. Der Zerstreuungsstab St wird durch ein kleines Bernsteinstück J an seinem freien Ende auch bei stärkeren Erschütterungen zentrisch im Zylinder gehalten.

Zur Ausgleichung etwaiger Eigenladungen des Flugzeugs wurde ein Gummisack mit Chlorkalziumlösung als Tropfkollektor TK mit Spritzdüse D und außerdem ein kräftiger Radium-F-Kollektor RK angebracht.

Die Ventilationsstärke im Kondensator wurde zwar gegenüber der bei der gewöhnlichen Verwendung des Ionenzählers üblichen erheblich gesteigert (Fördermenge bis nahezu 10 l pro s), jedoch nicht über die bei der verwendeten Höhe der Aufladung (205 bis 43 V) und der Dimensionierung des Kondensators für Sättigungsstrom zulässige Grenze, was wir durch besondere Versuche im Laboratorium mit Variierung der Ventilationsstärke kontrollierten.

Die Versuchsdauer im Flugzeuge für die Messung des Ionengehalts eines Vorzeichens (E_+ oder E_-) betrug 5 bis 6 min bei konstanter Flughöhe. Für mehrere Versuche hintereinander mit Wechsel des Vorzeichens der Aufladung ließ sich die Höhenstufe entsprechend länger einhalten. Mit einem zweiten Ionenzähler konnten während des Aufstiegs Vergleichsbeobachtungen am Boden ausgeführt werden.

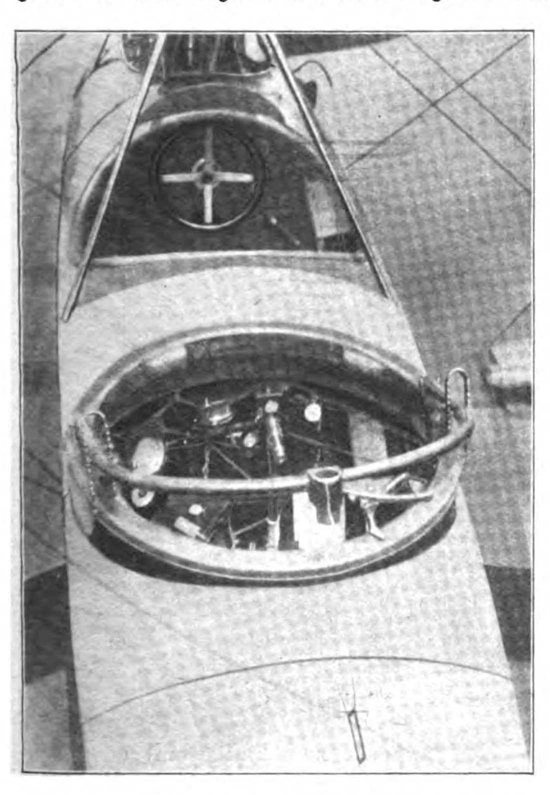


Abb. 12. Beobachtungsraum des Flugzeugs.

den. Während des Fluges wurden außerdem am Aufstiegsplatz neben den meteorologischen Stationsbeobachtungen auch Höhenwindmessungen mit Pilotballonen angestellt.

In der Zahlentafel werden die Beobachtungsergebnisse von zwei Flugzeugaufstiegen mitgeteilt; die Abb. 14 zeigt übersichtlich den bei diesen Flügen gefundenen vertikalen Verlauf des Ionengehalts im Zusammenhang mit den meteorologischen Elementen. Die Wetterlage war antizyklonal, an beiden Tagen wenig verschieden, wie die Übereinstimmung der vertikalen Temperaturverteilung ersehen läßt. Im Einklang mit



Abb. 11. Hallesches Forschungsflugzeug.

Untersuchungen im Freiballon von Herrn Koppe und mir[1]) nimmt E mit der Höhe zu, und es ist für gleiche Höhe $E_+ > E_-$. Die E-Werte sind von derselben Größenordnung wie die bei unseren Ballonfahrten in 3 bis 4 km Höhe gefundenen. Systematische, durch das Flugzeug bedingte Fehler liegen anscheinend nicht vor.

Die Brauchbarkeit dieser Methode, die zu zeitlichen Mittelwerten des Ionengehalts führt, ist damit erwiesen. Hat man kurz nacheinander für die gleiche Höhe die polaren Werte E_+ und E_- bestimmt, so ergibt deren Differenz ein Maß für die Eigenladung der betreffenden Luftschicht, wenigstens hinsichtlich des Gehalts an »kleinen«, leicht beweglichen Ionen, auf denen fast allein die Elektrizitätsleitung in der

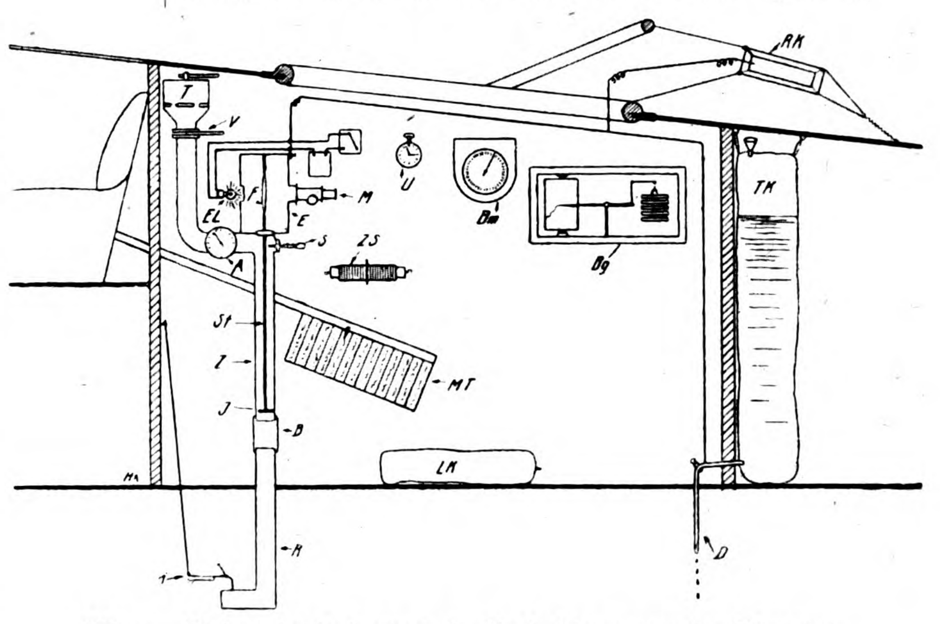


Abb. 13. Einbau der Instrumente im Beobachtungsraum des Flugzeugs.

Zur gleichzeitigen Registrierung der meteorologischen Elemente (Luftdruck, Temperatur, relative Feuchtigkeit) beim Fluge wurden außer dem nur zur Orientierung und Kontrolle des Einhaltens der konstanten Höhenstufe bestimmten, im Beobachterraum hängenden Aneroid B_m und dem Barographen Bg zwei für das Flugzeug eingerichtete Meteorographen an den äußeren Stielpaaren in erprobter Aufhängungsart angebracht (Abb. 11). Visuelle Beobachtungen über luftelektrisch wichtige meteorologische Erscheinungen, wie Wolken und Dunst, konnten vom Beobachter nebenbei gemacht wer-

Atmosphäre beruht.

Die polare Leitfähigkeit (λ_+ und λ_-) läßt sich durch analoge Anpassung des Gerdienschen Apparats an das Flugzeug messen.

Will man statt der subjektiven Beobachtung eine photographische Registrierung des Ionengehalts und der Leitfähigkeit haben, wozu sich das Wulf-Elektrometer leicht einrichten läßt, so braucht man noch eine automatische Vor-

[1]) A. Wigand, Physik. Zeitschr. 22, S. 36, 1921.

Zeit h min	Seehöhe H m	Luftdruck b mm	Temperatur t °C	relative Feuchtigkeit R %	Ionengehalt ESE pro m³ E_+	E_-	$E_+ + E_-$	$E_+ - E_-$	E_+/E_-	Bemerkungen
11ᵃ 56 / 12ᵖ 1	5 200	395	—15,8	61	1,143	—	2,086	+0,200	1,23	1. Aufstieg (Halle a. S.), 23. Juli 1919. Beobachter K.
12 5 / 11	5 200	395	—15,8	61	—	0,943				
16 / 21	3 300	506	— 5,0	77	—	0,608	—	—	—	
10ᵃ 0 / 5	4 300	448	—10,3	67	—	0,842	—	—	—	2. Aufstieg (Halle a. S.), 24. Juli 1919. Beobachter W.

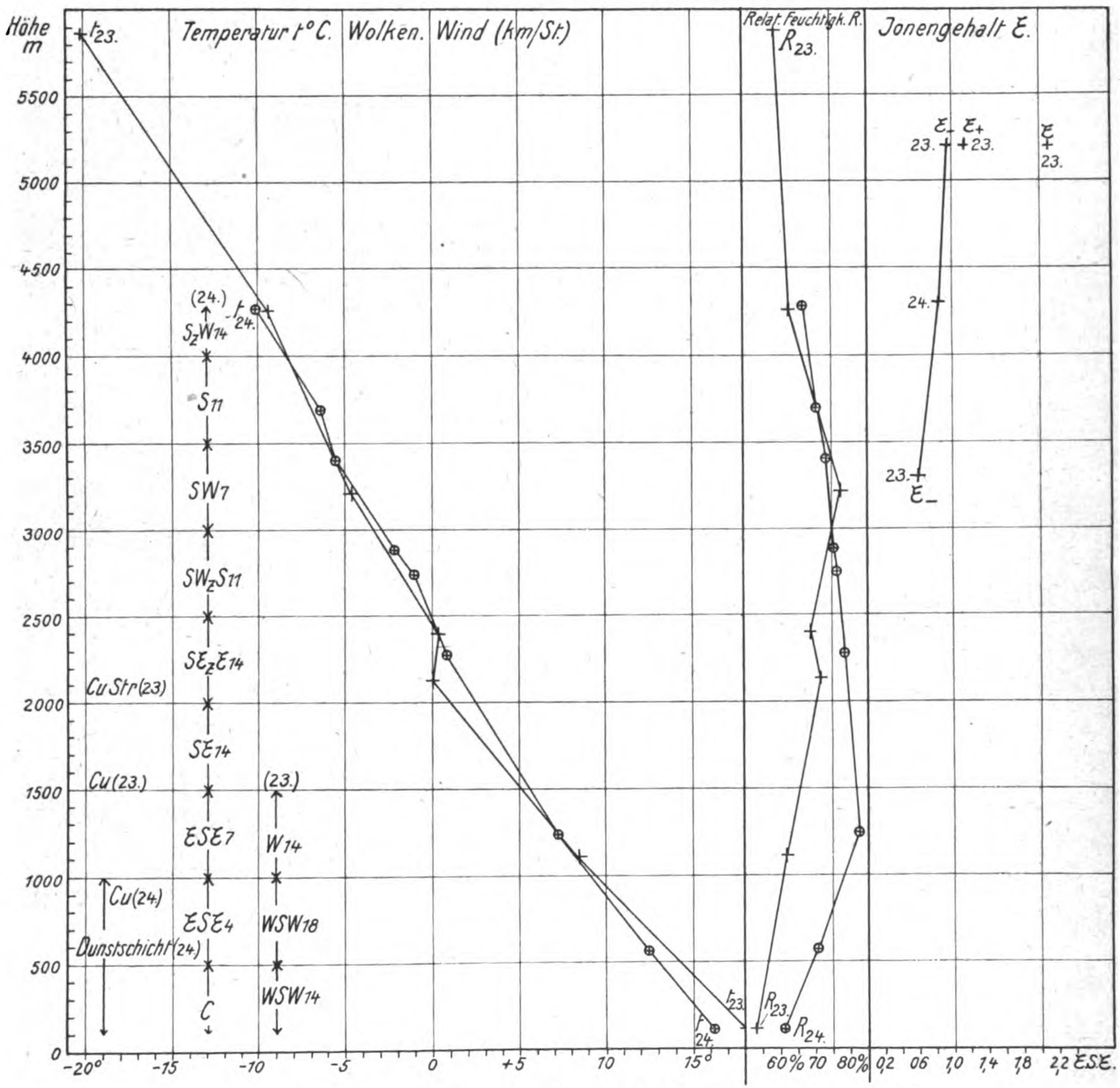


Abb. 14. **Diagramm der Flugzeugaufstiege mit Messungen des Ionengehalts.**

richtung zum Aufladen und Umladen in bestimmten Zeiträumen.

β) Messung von Momentanwerten. Die Erzielung von Momentanwerten des Ionengehalts und der Leitfähigkeit ist im Flugzeuge möglich, wenn man den vollen Fahrtwind durch den Kondensator streichen läßt und diesem passende Abmessungen, besonders genügend große Fläche quer zum Winde gibt. Dadurch bekommt die Stromstärke der Entladung im Kondensator eine meßbare Größe, und man braucht nicht mehr den zeitlichen Spannungsabfall am Zerstreuungskörper zu messen. Abb. 15 zeigt das Schema einer solchen Versuchsanordnung für den Ionengehalt.

Der Kondensator wird entweder aus zahlreichen, wabenartig nebeneinander angeordneten Röhren mit zentrischen Stabelektroden (Feld senkrecht zum Luftstrom) oder konstruktiv einfacher als Netzkondensator (Feld parallel zum Luftstrom) ausgebildet, für Messung des Ionengehalts mit einem Anemographen versehen und zwischen den Tragflächen eines Mehrdeckers oder unten außen am Flugzeugrumpfe angebracht.

Die den Abmessungen des Kondensators für Sättigungs- oder freien Strom entsprechende Entladungsspannung von einigen Hundert Volt liefert eine mit Luftschraube angetriebene kleine Gleichstrom-Dynamomaschine oder eine kleine Hochspannungsbatterie.

Eine Überschlagsrechnung ergibt für die Stärke des Sättigungsstromes bei der Bestimmung des Ionengehalts mit einem Kondensator von ½ m² Fläche quer zum Winde

(Kreis von 0,8 m Durchmesser) den Wert $2{,}5 \cdot 10^{-9}$ Amp. Dabei ist als durchschnittlicher Ionengehalt in den unteren Luftschichten der Wert $E_+ = E_- = 0{,}5$ elektrostatische Einheiten im m^3 und als Luftgeschwindigkeit 30 ms angenommen.

Die Strommessung wird bei den zu erwartenden Stromstärken von 10^{-8} bis 10^{-9} Amp mit bester Isolation nach den heute verfügbaren Methoden sicher ausführbar sein, auch mit Registrierung. Man mißt entweder mit dem Wulf-Elektrometer an den Enden eines großen, unveränderlichen und temperaturunempfindlichen Widerstands, oder man verwendet Glühkathodenröhren zur Verstärkung und kann dann mit einem Zeigergalvanometer messen. Saitengalvanometer erwiesen sich bei unseren Probeflügen wegen zu starken Vibrierens der Saite als unbrauchbar.

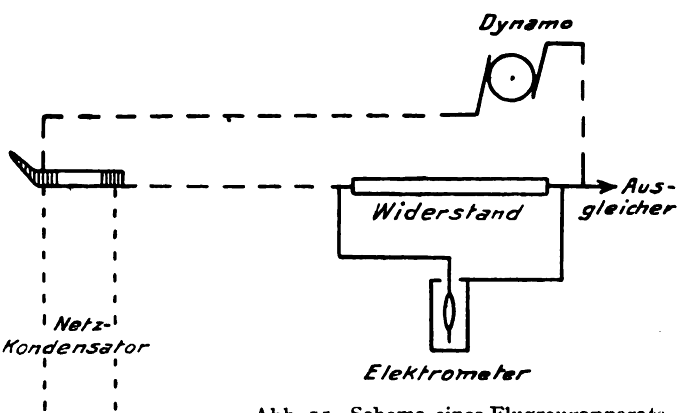


Abb. 15. Schema eines Flugzeugapparats zur Messung von Momentanwerten des Ionengehalts.

e) Ionisatoren. Von den normalerweise in der freien Atmosphäre wirkenden Ionisatoren sind als die wesentlichsten anzusehen die durchdringende Strahlung und die in der Luft vorhandenen radioaktiven Substanzen; in den höchsten Schichten scheint auch die ultraviolette Sonnenstrahlung als Ionisator in Betracht zu kommen. Für die luftelektrische Forschung besteht die Aufgabe, die Intensität dieser einzelnen Wirkungen in ihrer Abhängigkeit von Höhe, Ort und Zeit zu messen und mit den Ergebnissen der Ionisationsmessungen zu vergleichen.

Der Höhenverlauf der durchdringenden Strahlung ist im Flugzeug mit einem Wulf-Kolhörsterschen Apparat zu beobachten, wenn man diesen genügend erschütterungsfrei aufhängt, und läßt sich auch photographisch registrieren. Man bekommt dann, wie im Freiballon, zeitliche Mittelwerte der Intensität der durchdringenden Strahlung für Höhenstufen. Derartige Messungen bis zu möglichst großen Höhen sind dringend erwünscht zur Aufklärung dieser auch rein physikalisch noch rätselhaften Strahlung und ihres Ursprungs.

Für die Bestimmung des Gehalts der Luft an radioaktiven Substanzen im Flugzeuge hat Herr Bongards[1]) vorgeschlagen, die Aspirationsmethode des aktiven Niederschlags zu verwenden, und, anknüpfend an seine Erfahrungen mit solchen Messungen bei Drachenaufstiegen in Lindenberg, eine Versuchsanordnung für Flugzeugmessungen dieser Art angegeben. Diese würde sich unschwer so ausbauen lassen, daß man mehrere Höhenstufen übereinander bei einem Fluge auf ihren Gehalt an geladenen, positiven Zerfallsprodukten der Radium-Emanation untersuchen könnte. Es erscheint mir aber zweifelhaft, ob man bei dieser Methode mit so kurzer Versuchsdauer, wie sie für solche Flüge zu fordern ist, arbeiten kann. Und außerdem ist es wünschenswert, nicht nur die geladenen, positiven Zerfallsprodukte, sondern direkt die Radium-Emanation mit ihren sämtlichen Zerfallsprodukten zu messen. Dazu wird die Methode der Kondensation mit flüssiger Luft voraussichtlich geeignet sein. Da bisher aus der freien Atmosphäre nur wenige und quantitativ unzuverlässige Beobachtungen über die Menge der radioaktiven Substanzen vorliegen und diese Stoffe gerade in den unteren Luftschichten sowohl als Ionisatoren wie auch für die Wolken- und Niederschlagsbildung eine große Rolle spielen, sind solche Flugzeugbeobachtungen ganz besonders dringlich.

Die Intensität und Qualität der ultravioletten Sonnenstrahlung wird man im Flugzeuge nach der Elster-Geitelschen lichtelektrischen Methode mit der Kadmium- oder Zinkzelle und dem Wulf-Elektrometer messen können. Verwendet man dazu photographische Registrierung, so muß durch eine geeignete Vorrichtung die strahlungsempfindliche Zelle so angeordnet sein, daß ihre Bestrahlung unabhängig vom Sonnenstande erfolgt.

[1]) H. Bongards, Met. Ztschr. 1919, S. 341.

2. Bedeutung luftelektrischer Flüge für die Luftfahrt.

An der Ausführung der geschilderten luftelektrischen Flüge hat die praktische Luftfahrt aus zwei Gründen Interesse: einmal (a) gilt es die Aufklärung und Überwindung der elektrischen Gefahren, und dann (b) sind es Probleme der aeronautischen Funktelegraphie, für deren Lösung Flüge mit luftelektrischen Messungen erforderlich sind.

a) Eine Anzahl noch ungeklärter Selbstzündungen von Luftschiffen, auch bei vollkommen gewitterfreiem Wetter, macht es für die Betriebssicherheit der Motorluftschiffahrt unerläßlich, den Ursachen nachzugehen und die elektrischen Gefahren zu beseitigen. Auch beim Fesselballon sind solche unaufgeklärte Fälle elektrischer Selbstzündung vorgekommen.

Für das Luftschiff liegt zunächst der Verdacht nahe, daß durch eine eventuelle Aufladung der Motoren gefährliche Spannungen auftreten können. Die in Aussicht genommene, relativ einfache Untersuchung dieser Frage im Flugzeuge und die Ausarbeitung einer Vorrichtung zur selbsttätigen Ausgleichung von Eigenladungen durch die Verbrennungsgase des Motors wird diesen Punkt schnell und endgültig erledigen.

Sodann ist zur Erkenntnis und Beseitigung der Gefahren der Schönwetter- wie der Gewitter-Elektrizität für Luftschiff und Fesselballon ein systematisches Studium der luftelektrischen Eigenschaften der freien Atmosphäre bis in große Höhen hinauf, wie es allein mit dem Flugzeuge möglich ist, erforderlich. Besonders kommt es auf die kontinuierliche und nicht nur stufenförmige Messung der vertikalen Änderung des Spannungsgefälles an, da sich darin die Eigenladungen der verschiedenen Luftschichten zeigen, auch auf die Messungen der Eigenladungen selbst; denn beim Durchfahren der Grenzen von Schichten mit verschiedenen Ladungen treten für das Luftfahrzeug Gefahren auf.

Die elektrischen Bedingungen für das Zustandekommen einer Gewitterlage sind noch kaum erforscht. Und ehe wir die Natur und Ursachen der Luftelektrizität nicht viel genauer als jetzt kennen, dürfen wir nicht erwarten, wirksame Schutzmaßnahmen gegen die elektrischen Gefahren der Luftfahrt bei Gewitterlage wie bei schönem Wetter zu finden.

b) Die Funktelegraphie in Luftfahrzeugen bedarf zu ihrer weiteren Vervollkommnung des näheren Studiums einiger luftelektrisch und meteorologisch bedingter Erscheinungen, wozu sich Beobachtungen im Flugzeuge vielleicht besser noch als im Freiballon eignen. Solche Probleme sind bei unsern Halleschen Ballonfahrten bereits vor dem Kriege erfolgreich behandelt worden, besonders von meinem im Kriege gefallenen Freunde Georg Lutze.

Es handelt sich hier einerseits um die »luftelektrischen Empfangsstörungen«, störende Geräusche verschiedener Art beim Hörempfang, die wahrscheinlich größtenteils auf schnellen Schwankungen des Spannungsgefälles in der Nähe der Antenne beruhen, und deren Auftreten und Natur in verschiedenen Luftschichten, besonders an Schichtgrenzen, gleichzeitig mit Momentanmessungen des Spannungsgefälles zu untersuchen sind.

Anderseits will man für die Funktelegraphie die Gesetzmäßigkeiten der Wellenausbreitung kennen und beherrschen, nach denen die bekannten Änderungen der Reichweite elektromagnetischer Wellen vor sich gehen. Diese Änderungen hängen ab von der Tages- und Jahreszeit, von Richtung und Höhe und werden jedenfalls verursacht durch die Luftionisation in großen Höhen und andere luftelektrische Faktoren,

sowie durch die meteorologische Beschaffenheit der Luftschichten. Zur Untersuchung dieser Zusammenhänge mit den heutigen Hilfsmitteln soll das Flugzeug dienen.

IV. Schluß.

Ein buntes Bild von Versuchen und Ergebnissen, auch von Hoffnungen und Entwürfen habe ich vor Ihnen entrollt. Ist es zu kühn in seinem Aufbau bei unserer traurigen Lage in Deutschland? Ich sage: nein! Denn ich glaube daran, daß trotz aller Not deutsche Wissenschaft und deutsche Luftfahrt sich nicht unterkriegen lassen.

Der eingeschlagene und vorgezeichnete Weg wird begangen werden; denn er ist ein brauchbarer, ein notwendiger Zugang zum wissenschaftlichen und praktischen Fortschritt. Es fragt sich also nur, wer ihn zuerst geht und ihn sich damit am meisten nutzbar macht.

Die Fortsetzung dieser erfolgreich begonnenen und praktisch bedeutungsvollen aerophysikalischen Flüge ist infolge der materiellen Notlage der Wissenschaft und des Flugwesens in Deutschland zurzeit in Frage gestellt. Und doch wird sie als notwendige Bedingung weiteren Fortschritts zur Pflicht der deutschen Behörden und Industriellen, die zur Förderung solcher Arbeit berufen sind, weil sie sie brauchen.

Zusammenfassung.

1. Die wechselseitigen Beziehungen zwischen Luftfahrt und Physik der Atmosphäre sind neuerdings bereichert worden durch die noch im Kriege unter der Leitung des Vortragenden begonnene und nachher von ihm mit Hilfe der Herren Wienecke (†) und Koppe in Halle a. S. fortgesetzte Verwendung des Flugzeugs zur Erforschung der Atmosphäre und die Nutzbarmachung der Ergebnisse dieser Arbeiten für die praktische Luftfahrt.

2. Für aerologische Flüge zur meteorologischen Untersuchung der freien Atmosphäre sind die Bedingungen einer störungsfreien Registrierung von Luftdruck, Lufttemperatur, Luftfeuchtigkeit und Wind beim Fluge eingehend studiert worden, so daß mit Meteorographen, die den Verhältnissen im Flugzeuge angepaßt und in erprobter, erschütterungsfreier Aufhängung an richtigen Stellen des Flugzeugs angebracht sind, einwandfreie Messungen bis in große Höhen erzielt werden können und damit ein neues aerologisches Forschungsmittel geschaffen ist.

3. Für die Luftfahrt hat die Mitführung von aerologischem Meßgerät zunächst dadurch Bedeutung, daß eine exakte Bestimmung der Flughöhe, sowie der Luftdichte und Fluggeschwindigkeit, also der Flugleistungen von Flugzeugen und Luftschiffen ermöglicht wird, daß man ferner fahrtechnisch günstige Luftschichten und Fahrtwege aufsuchen und einhalten kann, daß bei Weitflügen (etwa über den Ozean) eine dauernde Beobachtung der Wetterentwicklung durchführbar ist zur erhöhten Wirtschaftlichkeit und Betriebssicherheit eines Weit-Luftverkehrs, und daß schließlich die mit Verwendung des Flugzeugs verbesserte aerologische Methodik eine allgemeine Förderung der Luftmeerkunde und Wettervorhersage bedeutet, zum Vorteil der gesamten Luftfahrt.

4. Die luftelektrischen Flüge wurden, unter Mitführung von aerologischem Meßgerät, mit guten Messungsergebnissen für die Ionisation der Atmosphäre bis 5,2 km Höhe ausgeführt und werden zur Fortbildung der Methodik und systematischen Erforschung der elektrischen Eigenschaften der Atmosphäre fortgesetzt. Ionengehalt, elektrische Leitfähigkeit, Spannungsgefälle und Ionisatoren sind die luftelektrischen Elemente, die im Flugzeuge durch subjektive Beobachtung und besonders auch durch Registrierung näher untersucht werden sollen.

5. Die praktische Bedeutung luftelektrischer Flüge liegt zunächst in der Aufklärung der für die Betriebssicherheit der Motorluftschiffahrt wichtigen Frage der elektrischen Aufladung eines Motors und der durch die Abgase des Motors bewirkten Ausgleichung auftretender Spannungsunterschiede gegen die umgebende Luft; sodann im Studium der für Luftschiff und Fesselballon bestehenden elektrischen Gefahren, die auf den Änderungen des Spannungsgefälles und den Eigenladungen der verschiedenen Luftschichten beruhen, sowohl bei normalem Wetter wie auch besonders bei Gewitterlage, deren noch wenig bekannte elektrische Bedingungen näher zu erforschen sind. Ferner bedarf die Funktelegraphie in Luftfahrzeugen einer durch luftelektrische und aerologische Flüge besser noch als im Ballon erreichbaren weiteren Aufklärung der auf Schwankungen des Spannungsgefälles beruhenden luftelektrischen Empfangsstörungen sowie der Gesetzmäßigkeiten der Wellenausbreitung, die sich in den Änderungen der Reichweite äußern und durch die Ionisation und andere luftelektrische Faktoren sowie durch die meteorologische Beschaffenheit der Luftschichten verursacht werden.

6. Die Fortsetzung dieser erfolgreich begonnenen und praktisch bedeutungsvollen aerophysikalischen Flüge ist infolge der materiellen Notlage der Wissenschaft und des Flugwesens in Deutschland zurzeit in Frage gestellt; sie wird aber als notwendige Bedingung weiteren Fortschritts zur Pflicht der für die Förderung solcher Arbeit berufenen deutschen Behörden und Industriellen.

Aussprache:

Professor Dr. Jacobsthal: Der Herr Vortragende hat davon gesprochen, daß zur Bestimmung der Windgeschwindigkeit die Ermittlung der Reisegeschwindigkeit eines Flugzeuges notwendig wäre. Soviel mir bekannt, ist es damit im ganzen noch sehr im argen. Man hat einerseits die Durchschnittsreisegeschwindigkeit wohl aus der Größe der überflogenen Strecken ermittelt — das ist natürlich für diese Zwecke viel zu ungenau — und zweitens durch Beobachtungen von der Erde aus mit zwei Theodoliten, die an zwei Punkten aufgestellt sind. Auch diese zweite Methode ist, glaube ich, reichlich ungenau, denn erstens wird von den beiden Beobachtern verlangt, daß sie genau in demselben Augenblicke anvisieren, zweitens wird von ihnen verlangt, daß sie denselben Punkt des Flugzeuges anvisieren, und endlich müßte, wenn man eine Geschwindigkeit wirklich genau bestimmen will, dieses Anvisieren in sehr kurzen aufeinanderfolgenden Zeitintervallen stattfinden. Ich möchte bezweifeln, ob die beiden Beobachter dann wirklich in den richtigen Augenblicken sofort das Flugzeug finden und die Beobachtung genau gleichzeitig vornehmen können.

Nun scheint mir viel zu wenig bekannt zu sein, daß die Methoden, die in der photogrammetrischen Abteilung der Inspektion des Lichtbildwesens für karthographische Zwecke geschaffen sind, hier ausgezeichnet einhelfen können. Es handelt sich da um Methoden, mittels deren durch eine einzige Aufnahme aus dem Flugzeug der Ort des Flugzeuges, genauer: alle drei Koordinaten, mit einer ganz verblüffenden Genauigkeit bestimmt werden können, und ich glaube behaupten zu können, daß man selbst bei 3000 m Flughöhe den Ort bis auf etwa 1 m Fehler genau bestimmen kann. Es wird also aus dem Flugzeuge eine Aufnahme gemacht, und es ist nachher nur nötig, in dieser Aufnahme irgend drei Punkte derart zu identifizieren, daß aus den Katastermessungen ihre Koordinaten festgelegt werden können; zuweilen wird eine kleine Hilfsvermessung im Gelände erforderlich sein. Alsdann kann durch eine Vermessung des Bildes in einem besonders konstruierten »Bildmeßtheodoliten« eine genaue Ermittlung der Koordinaten des Flugzeuges erfolgen. Es hat dies noch den großen Vorteil vor der Anvisiermethode von der Erde aus, daß man das Flugzeug ruhig fliegen lassen kann, ohne ihm einen Weg vorzuschreiben; denn drei identifizierbare Punkte werden sich immer ermitteln lassen, während dagegen, wenn man von der Erde aus beobachtet, die mühsam abgesteckte Standlinie ganz wertlos werden kann, sobald das Flugzeug irgendwo hinfliegt, wo es von den festen Stationspunkten auf der Erde nicht mehr sichtbar ist.

Die Methoden, von denen ich spreche, gehen ursprünglich zurück auf Finsterwalder und Koppe. Sie sind aber erst in weiterem Umfang praktisch geworden durch Hugershoff und Cranz: während nämlich Koppe mit dem Aufnahmeapparat selbst nachher auch die Vermessung machen mußte, um zu genauen Resultaten zu kommen, können bei dem Cranz-Hugershoffschen Verfahren beliebig viele und keineswegs identische Aufnahmekammern in Verbindung mit einem einzigen Bildmeßtheodoliten gebraucht werden.

Auf das Technische möchte ich nicht eingehen, sondern nur noch folgendes bemerken: wenn man im Flugzeug einen

automatischen Apparat anbringt, der meinetwegen von Sekunde zu Sekunde eine Aufnahme macht[1]), so kann man nachher mit einer ganz außerordentlichen Genauigkeit die Geschwindigkeit des Flugzeuges in jedem beliebigen Zeitmoment feststellen. Ich war selbst mit der Vorbereitung derartiger Versuche für die Flugzeugmeisterei befaßt, als die Revolution ausbrach. Praktisch erprobt ist das Verfahren für Geschwindigkeitsmessungen nicht mehr worden[2]). Aber ich glaube, daß es bis jetzt kein Verfahren gibt, das dem photogrammetrischen an Genauigkeit und Bequemlichkeit gleichkommen könnte; auch auf den Vorzug möchte ich hinweisen, daß die Resultate jederzeit ohne Feldarbeit nachkontrolliert werden können. Ich denke auch, es müßte für einen Meteorologen von Interesse sein, wenn er für jede gegebene Zeit die absoluten Koordinaten seines Flugzeuges hat. Er könnte dann z. B. sehr genau die Angaben seines Barometers kontrollieren. Hierfür würde allerdings schon die H-Koordinate (die Höhe) genügen. Vielleicht gibt es aber doch auch meteorologische Aufgaben, für die die Kenntnis aller drei Koordinaten wünschenswert ist, und deswegen wollte ich auf diese, wie mir scheint zu wenig bekannte Methode kurz hingewiesen haben. (Beifall.)

Professor Ahlborn: Herr Professor Wigand hat in dem methodischen Teil seines Vortrages es als fraglich bezeichnet, woher der Nachweis stamme, daß zwischen den beiden Tragflächen eines Doppeldeckers eine indifferente Zone vorhanden ist, in der sich die Luft relativ zum Medium im Unendlichen in Ruhe befindet und die daher der gegebene Ort zur Aufstellung von Meßinstrumenten ist. Dieser Nachweis ist zuerst im November 1917 gelegentlich der Untersuchungen über Strömungen an Tragflächen in der Versuchsabteilung der Flugzeugmeisterei von mir erbracht und in zahlreichen Vorführungen der betreffenden Strömungsbilder mitgeteilt worden.

Professor Dr. Berson: Der berufenste amtliche Vertreter der Aerologie, Herr Geheimrat Hergesell, ist hier leider nicht zugegen. Vielleicht ist es nicht ganz unbescheiden von mir, wenn ich im Namen der älteren Generation der aerologischen Forschung in Deutschland, zu der ich mich ja rechnen kann, Herrn Professor Wigand und seiner Schule den ganz besonderen Dank und die ganz besondere Anerkennung ausspreche. In engeren wissenschaftlichen, meteorologischen und physikalischen Kreisen sind diese Leistungen schon wohlbekannt und anerkannt; aber ich glaube, es ist hier der richtige Platz, dies im Rahmen der Gesellschaft noch einmal zu betonen. Herr Professor Wigand und seine Mitarbeiter, oder wie man es ja kurz nennen darf, seine Schule, haben in zwei Beziehungen ganz besonders große Verdienste. Das erste war, was er bescheidener Weise nur ganz kurz erwähnte: wie schon unter Benutzung der älteren aerologischen Methode, der Forschung im Freiballon, sich Herr Wigand und seine Schüler neue Zwecke gesetzt, neue Gesichtspunkte benutzt und hierzu auch schon zum Teil neues Instrumentarium gebraucht haben. Sie haben damit die Gefahr, die eine Zeitlang nach Abschluß der von den Nestoren der deutschen aerologischen Forschung ausgeführten wissenschaftlichen Ballonfahrten bestand: »Rast ich, so rost ich«, eigentlich erst überwunden; denn man darf sich nicht verhehlen, daß die vielen Freiballonfahrten, die nach Beendigung jener großen Serie gemacht wurden, sich meist, ohne Neues zu gebären, im alten Gleise bewegten. Herr Wigand und die Seinigen waren eigentlich die ersten, die hier neue Wege aufgesucht und auch gefunden haben. Er hat diesen Punkt natürlich nur kurz gestreift, da die Freiballonforschung hier nur indirektes Interesse hat. Aber er hat selber an einer Stelle seines Vortrages hervorgehoben: jede aerologische Erkenntnis ist auf die Dauer auch eine luftfahrttechnische und eine flugtechnische Erkenntnis.

Das Zweite ist, daß, abgesehen von kleinen, von Aßmann und Anderen angeregten Versuchen, es zuerst Wigand und seine Mitarbeiter waren, welche systematisch das Flugzeug zum Diener der aerologischen Forschung gemacht haben: mit ausgezeichnetem Erfolge. Welche Bedeutung das haben kann und haben muß, auch für den Luftverkehr, hat er schon betont. Ich möchte noch einen Punkt hinzufügen. Das Flugzeug — ich glaube, Herr Wigand hat das nicht erwähnt — gibt nämlich nicht nur ein besseres, zuverlässigeres Mittel für die Erkennung der momentanen Wetterlage, weil es ja größere Steiggeschwindigkeiten hat, sondern es kommt hinzu: die Wetterlage kann so sein, daß es dem aerologischen Forscher interessant erscheint, schnell einmal in einer bestimmten Richtung sozusagen eine Stichprobe zu machen. Es kann für die Aerologie etwas ganz besonders Interessantes ergeben, wenn ich mal in der selbstgewählten Richtung fliege und ein Momentbild gewinne. Da versagt der Freiballon, der in einer gezwungenen Richtung fliegt. Es versagen aber auch die Drachenstationen, denn es kann sich in der beabsichtigten Richtung vielleicht auf 500 oder 600 km keine Drachenstation befinden. Also auch in dieser Beziehung ist das Flugzeug zweifellos eine ausgezeichnete Ergänzung. Ja es wird nicht nur Ergänzung sein, sondern die Führung in der aerologischen Forschung übernehmen; und das ist zweifellos für die Zukunft der Flugtechnik von größter Bedeutung. Die Wichtigkeit der Arbeit, die Herr Wigand und seine Mitarbeiter geleistet haben, kann man vom aerologischen Standpunkte aus gar nicht hoch genug einschätzen, und ich möchte nur stark den Zuruf unterstreichen, den Herr Professor Wigand an die Behörden und an die Industrie gerichtet hat, die Sache weiter zu unterstützen, trotz der schlimmen Lage, in der wir uns befinden. (Beifall.)

Dr. Heinrich Koppe: Die Untersuchungen von Herrn Professor Dr. Wigand, über die er hier vorgetragen hat, bilden die Grundlage für die Erfüllung eines Wunsches, der von der praktischen Fliegerei geäußert worden ist, — des Wunsches nach einem einwandfreien und bewährten Flugzeuginstrument. Dieser Wunsch wird vielleicht durch die Ausschreibung des Rumplerpreises, den Herr Professor Wigand bereits erwähnt hat, seiner Erfüllung näherkommen. — Es handelt sich dabei um die Herstellung eines Luftdichte-Schreibers in Verbindung mit einem Geschwindigkeitsmesser und einem Luftdichte-Statoskop, einer Zusammenstellung, wie sie für die praktischen Zwecke der Fliegerei nötig sein wird. Der ursprüngliche Einreichungstermin war der 1. Oktober ds. Js. Er ist auf Wunsch einiger Firmen wegen technischer Schwierigkeiten verlängert worden und jetzt auf den 3. Januar 1921 festgelegt. Ich begrüße diese Hinausschiebung des Einreichungstermins auf das lebhafteste, da so für die einzelnen Bewerber die Möglichkeit besteht, die zahlreichen Erfahrungen und Fingerzeige, die ihnen jetzt gegeben worden sind, voll zu verwerten.

Der Flugzeugmeteorograph ist, wie Herr Professor Wigand selbst sagte, noch kein abgeschlossenes, vollkommenes Instrument. Er ist verbesserungsfähig und wird auch noch dauernd verbessert. Aber immerhin kann man sagen, daß er eine Unsumme großer, kleiner und kleinster praktischer Erfahrungen in sich birgt, auf ihnen aufgebaut ist und — daß er sich bereits praktisch bewährt hat. Ich hoffe, daß ich bei der Prüfung der zum Wettbewerb eingereichten Instrumente, welche mir in der Deutschen Versuchsanstalt für Luftfahrt in Adlershof obliegt, recht viele von diesen Erfahrungen verwertet finden werde, und daß endlich ein Instrument preisgekrönt wird, das, möchte ich sagen, auch die Krone des Gebäudes bildet, zu dem hier die Grundlagen geschaffen worden sind.

Einige praktische Folgerungen mit dem Flugzeugmeteorographen lassen sich vielleicht schon früher ziehen. Es begegnete bisher erheblichen Schwierigkeiten, die exakte Höhe bei Rekordflügen festzustellen. Von der Deutschen Luftsport-Kommission wird hierbei vorgeschrieben, daß dem Flugzeug drei versiegelte Barographen und zwei Thermographen mitgegeben werden. Es wäre wohl viel besser und viel einwandfreier, die Höhe festzustellen, wenn man zwei versiegelte Flugzeugmeteorographen mitgibt. Vielleicht wird dies im Laufe der Zeit noch eingeführt; vielleicht bringt uns auch der Rumplerpreis in der Beziehung einen Fortschritt. Wenn Deutschland, wie Herr Major von Tschudi den Wunsch aussprach, nach Aufnahme in den Völkerbund wieder nähere internationale Beziehungen aufnehmen wird, werden auch die sportlichen Beziehungen zum Auslande wieder erwachen; es wird dann auch wieder notwendig sein, deutsche Rekorde anzuerkennen. Dazu wird man eine einheitliche Basis finden müssen, welche zurzeit z. B. in der Bewertung von Höhen-

[1]) Wahrscheinlich genügen Intervalle von 3 Sekunden völlig.

[2]) Dagegen liegt für die Koordinatenbestimmungen ein überaus reiches Material vor. Auch die Fehlergrenzen sind sorgsam bearbeitet worden. Vgl. Cranz-Hugershoff, Grundlagen der Photogrammetrie aus Luftfahrzeugen, Stuttgart 1919.

rekorden nicht besteht. Es wäre sehr schön, wenn dann Deutschland mit einem erprobten Instrument an die Entente, bzw. an die Internationale Luftsport-Kommission herantreten und sagen könnte: Dieses Instrument hat sich bewährt. Ich glaube nicht, daß das Ausland zurzeit mit etwas Gleichartigem aufwarten kann.

Die schwierige Lage unserer Fliegerei — es wird ja gegenwärtig leider viel weniger geflogen, als früher Freiballon gefahren werden konnte — macht den Erwerb praktischer Erfahrungen sehr schwierig. Es wäre sehr zu begrüßen, und ich möchte auch an dieser Stelle den Wunsch aussprechen, daß die Flugunternehmer alles tun, um diese Untersuchungen weiter zu fördern und zu unterstützen. Ich denke hier vor allen Dingen an die regelmäßigen Luftverbindungen, z. B. von Johannistal nach dem Norden usw. Es steht ja zu hoffen, daß auch noch mehr solcher regelmäßigen Luftverkehrslinien eröffnet werden. Es wäre sehr schön und sehr begrüßenswert, wenn diese regelmäßig verkehrenden Flugzeuge derartige Instrumente mitnehmen könnten. Ich glaube, daß sowohl das Observatorium Lindenberg als auch die Hamburger Seewarte sehr großes Interesse an dem aerologischen Ergebnisse solcher Forschungen haben werden. Wir, die Deutsche Versuchsanstalt für Luftfahrt in Adlershof, haben an den aerologischen Ergebnissen nur ein sekundäres Interesse, aber ein höchst unmittelbares und sehr großes an der weiteren Vervollkommnung eines Instrumentes, wie es hier beschrieben worden ist. (Beifall.)

Professor Wigand: Nur ein paar Worte zum Schluß. Es hat mir fern gelegen, Herrn Professor Ahlborns Priorität in der Frage der Druckverteilung am Flugzeuge irgendwie zu bezweifeln. Es tut mir leid, wenn das in meinem Vortrage nicht ganz zum Ausdruck gekommen sein sollte. Er ist in der Tat, soviel mir bekannt geworden ist, der erste, der die Lage des ungestörten Punktes festgestellt hat.

Sodann möchte ich auf die Bemerkung des Herrn Professor Jacobsthal sagen, daß ich diese photogrammetrische Methode in meinen kurz gehaltenen Worten über die Windmessung vom Flugzeuge aus mit einbegriffen habe. Es war mir allerdings nicht bekannt, daß die Vollkommenheit dieser Methoden derart groß ist, und ich begrüße das natürlich sehr, besonders auch für die Bestimmung der Höhe des Flugzeugs.

Herrn Professor Berson danke ich herzlich für die warme Anerkennung. Auf speziellere Interessen der Aerologie an diesen Untersuchungen bin ich nicht näher eingegangen, sonst könnte ich noch mehr Gesichtspunkte erwähnen, die aber für die Luftfahrt nicht so direkt von Bedeutung sind.

Vorsitzender: Ich danke Herrn Professor Wigand, für die Ausführungen über seine nicht gefahrlosen Messungen. Wer selbst öfter in der Luft gefahren ist, oder im Freiballon sich hat treiben lassen, der hat empfunden, wie unangenehm und ungemütlich es ist, wenn sich starke elektrische Spannungen in der Atmosphäre befinden, deren Verhalten vorläufig noch unbestimmbar ist. Wenn es möglich sein würde, den meteorologischen Zustand der freien Atmosphäre vorher so genau zu bestimmen, daß die Gefahrenzone vor dem Antritt der Fahrt festgestellt und vermieden werden könnte, so wäre das von allergrößter Bedeutung für die Luftfahrt. — Nach den Ausführungen des Herrn Professor Wigand und der erfolgten Aussprache scheinen wir auf dem besten Wege dazu zu sein.

III. Über Wirbelbildung an Tragflächen.

Vorgetragen von A. von Parseval.

In der Theorie des Auftriebs von Flugflächen spielen bekanntlich Wirbel eine große Rolle. Zunächst wird die Existenz eines Systems von Wirbellinien angenommen, die ein genau definiertes System von Strömungen (die sog. Zirkulation) um die Fläche hervorrufen, und aus diesem wird nach bekannten aerodynamischen Sätzen der Auftrieb berechnet. Die frei verwendeten Wirbel sind aber nur Rechnungsgrundlagen; denn in Wirklichkeit macht nicht der Wirbel den Auftrieb, sondern der Auftrieb den Wirbel.

Über die Beschaffenheit der physischen Wirbel habe ich Versuche angestellt, möchte aber vorher eine kurze Beschreibung der Wirbel geben.

Der Wirbel besteht aus zwei Teilen:

1. der Zirkulation, welche durch den Druck der Tragflächen auf die Luft erzeugt wird,
2. aus dem Wirbelkern.

Die Zirkulation besteht im einfachsten Falle — bei einem frei in der Flüssigkeit schwimmenden Wirbelfaden — in einer kreisförmigen Bewegung um den Wirbelkern. Ihre Umlaufsgeschwindigkeit ist $u = u_1 \frac{r_1}{x}$ wo u_1 die Umfassungsgeschwindigkeit des Wirbelkerns, r_1 dessen Halbmesser, x den Abstand des Teilchens von der Wirbelachse bedeutet.

Der Wirbelkern ist eine frei rotierende Luftsäule ohne innere Reibung, ein Zustand, der bei kleinen Kerndurchmessern in sehr kurzer Zeit erreicht wird. Der Kern rotiert hierbei wie ein fester Körper und die Winkelgeschwindigkeit ω ist konstant.

Hiebei ist die Drehungsgröße des Wirbels:

$$D = J \cdot \omega \cdot \varrho \quad \text{(1)}$$

wo ϱ die Massendichte, J das Trägheitsmoment des rotierenden Luftkörpers bedeutet. Die Dimension von D ist $M \cdot T$, wo M ein Drehungsmoment, T eine Zeit bedeutet. Sie kann sich also nur durch Einwirkung eines äußeren Drehungs-Momentes ändern oder durch Hinzutreten von Luftschichten, die eine selbständige Drehungsgröße mitbringen.

Für die Zirkulation, deren Umlaufsgeschwindigkeiten sich von Punkt zu Punkt ändern, ist:

$$dD = dm \cdot x \cdot u = dm \cdot u_1 r_1 \quad \text{(2)}$$

Die Energie-Inhalte sind:

1. für den Wirbelkern

$$E = \frac{1}{2} J \omega^2 \cdot \varrho \quad \text{(3)}$$

2. für die Zirkulation

$$dE = \frac{1}{2} dm\, u^2$$

Der letztere Wert wird unendlich, wenn man zwischen $x = a$ und $x = \infty$ integriert.

Nun treten Wirbel an den Tragflächenenden, um die es sich hier handelt, stets paarweise auf. Ein einzelner Wirbel würde eine Drehungsreaktion auf das Flugzeug übertragen. Da dies im normalen Flug nicht der Fall ist, so müssen zwei gegenläufige Wirbel von gleicher Stärke vorhanden sein, deren Reaktionen sich gegenseitig aufheben. Dann überlagern sich auch die Zirkulationen der beiden Wirbel und heben sich größtenteils auf. Aber auch dann wird die Differenz ihrer Energiegrößen nicht endlich, wie man durch Integration auf der durch die Wirbelachsen gehenden horizontalen Geraden leicht feststellen kann. Die wirkliche Zirkulation muß also ein anderes Verteilungsgesetz der Geschwindigkeiten befolgen, als das oben angegebene.

Ich habe nun Versuche mit Modellflächen in raucherfüllter Luft angestellt und es ist mir gelungen, die Wirbel zu sehen und einige Eigenschaften derselben durch Beobachtung festzustellen. Zunächst wird ein kleiner Rauchballen aus Zigarettenrauch erzeugt und sodann die bereit gehaltene Modellfläche (ein Lineal oder ein Tragflächenmodell von 7×50 cm²) durch den Rauchballen hindurchgeführt.

Man kann leicht folgendes feststellen: Am Ende der Fläche hängt sich ein langer Wirbelschwanz an. Derselbe erscheint als eine rotierende Rauchsäule, die sich nach hinten rascher als kegelförmig erweitert und scharf von der Umgebung abgegrenzt ist.

An anderen Stellen des Flügels, etwa in der Mitte desselben, ist von Wirbeln nichts zu spüren. Hier wird die Luft in lebhaft strömende Bewegung versetzt.

Der Wirbelkern in der Nähe der Fläche rotiert sehr lebhaft. Jedoch kann man ihn selten beobachten, anscheinend weil Luft von vorne in den Kern eindringt, wodurch dann der Rauch nicht bis an die Fläche gelangen kann. Deutlich und regelmäßig sieht man aber, wie ein langer, schwach rotierender Rauchschwanz im Wirbelzentrum nachströmt. Daß dieser Rauchschweif nur langsam rotiert, kann man an seiner nicht ganz regelmäßigen Form erkennen. Diese Erscheinung tritt etwas verspätet ein, entspricht also einem vorgeschritteneren Entwicklungsstadium des Wirbels.

Der Wirbelkern hat anfangs eine geringe Bewegung senkrecht zur Flugbahn; später ist diese jedoch nicht mehr vorhanden.

Die Wirbeldurchmesser wachsen hinter der Fläche erst langsam, dann ganz beträchtlich: das ist die auffallendste Erscheinung. Bei meinen Versuchen mit der Fläche 7×50cm² konnte ich Durchmesser bis etwa 35 cm beobachten. Die Entwicklung braucht eine gewisse Zeit. Der Wirbel ist also kein stationäres Gebilde, sondern ein ziemlich langsam verlaufender Prozeß.

Die Vergrößerung des Wirbels erfolgt in einer doppelten Weise: 1. durch Nachsaugen der Luft von hinten, 2. durch Anlagern der umgebenden Luftschichten.

Das Nachsaugen der Luft im Kern ist eine Folge der Zentrifugalkräfte. Bei einem voll ausgebildeten Wirbelkern, den wir nahe hinter der Fläche voraussetzen dürfen, ist durch die Rotation des Kerns im Zentrum ein Unterdruck bedingt:

$$\Delta p_1 = -\frac{u^2 \varrho}{2}.$$

Hierzu tritt der Einfluß der Zirkulation, die bei vollständiger Ausbildung den Unterdruck Δp_1 verdoppeln würde. Da sich aber die beiden Zirkulationen gegenseitig schwächen, so muß der gesamte Unterdruck im Wirbelzentrum kleiner sein als $2\,\Delta p_1$.

Durch die Luftreibung wird nun die Drehgeschwindigkeit des Wirbels dauernd verringert; daher haben die weiter rückwärts liegenden Wirbelteile kleinere Zentrifugalkräfte und daher kleinere Unterdrucke. Man hat daher im Wirbelzentrum einen Druckanstieg nach hinten, was ein Vorwärtsströmen der Luft im Zentrum hervorrufen muß. Dadurch ist die Möglichkeit gegeben, daß der Wirbel durch seine Zentrifugalkräfte sich ausdehnt.

Bei dieser Ausdehnung nimmt der ursprüngliche Wirbel die Form eines rotierenden Ringes an, wobei innen langsamer rotierende Luft eingesaugt wird. Dabei nimmt aber seine Umfangsgeschwindigkeit ab 1. durch die beim Nachsaugen der Luft geleistete Arbeit, 2. durch Reibung an den angrenzenden

langsamer fließenden Luftschichten. Durch diesen Verlust sinkt die Umfangsgeschwindigkeit, bis sie gleich bzw. etwas kleiner wird derjenigen der nächsten Umgebung, und sobald das eingetreten ist, ist eine stabile Bewegungsform erreicht und die Umgebung schließt sich der Bewegung des Wirbelzentrums an. Dies ist die Wirbelvergrößerung durch äußere Anlagerung.

Die Entstehung des Wirbels erklärt sich leicht folgendermaßen: Durch den Druck der (als rechteckig vorausgesetzten) Tragfläche auf die Luft wird eine lebhafte Zirkulation um die seitlichen Kanten hervorgerufen. Die Form dieser Bewegung ist aus den Arbeiten des Dr. Betz bekannt; ihre Abbildung zuletzt von Prof. Prandtl wiedergegeben worden[1]). Der Mittelpunkt der Zirkulation liegt in der seitlichen Kante; dort sind die Umlaufsgeschwindigkeiten am größten. Aus diesem Bewegungsbild tritt nun die Fläche bei der Vorwärtsbewegung heraus. Dasselbe kommt natürlich nicht sofort zum Stillstand, und der die Kante umkreisende Flüssigkeitsfaden bildet den Wirbelkern.

Wir wenden uns nunmehr zu der Frage der Energiebilanz in einem seinen Durchmesser vergrößernden Wirbelkern, wobei wir die Annahmen machen: 1. daß die angesaugte Luft keine Drehungsgröße mitbringe (vorbehaltlich späterer Korrektur), 2. daß der Ausgleich der Geschwindigkeiten im Wirbel durch Reibung erfolgt sei ($\omega = \text{const}$), dann ist, wie oben gezeigt, die Drehungsgröße D des Wirbels konstant und es gelten Gl. (2) und (3).

Eliminiert man aus ihnen ω, so kommt:

$$E = \frac{D^2}{2\,J \cdot \varrho} = \frac{2\,D^2}{r^4 \pi \varrho} \quad \ldots \ldots \ldots (4)$$

Der Energieinhalt des Wirbelkerns ist sonach umgekehrt proportional der 4. Potenz des Radius und nimmt mit der Zunahme des Radius in sehr starkem Maße ab. Die verschwindende Energie wird zum Ansaugen der nachströmenden Luft verwendet.

Kommt die letztere mit einer gewissen Drehungsmenge D_1 herein, so wird die Energiemenge E größer. Eine genauere Betrachtung zeigt aber, daß nur Umfangsgeschwindigkeiten in der angesaugten Luft sein können, die kleiner sind als diejenigen des Wirbels, da sonst ein Ansaugen unmöglich wäre. Die Energiemenge der nachgesaugten Luft bleibt also eine Größe zweiter Ordnung und vermag den Ausdehnungsverlust nicht zu ersetzen.

Nun fragt sich, woher die in den Wirbeln steckende Energie entnommen wird. Zunächst bewirken die Flugflächen eine in der Hauptsache fortschreitende Bewegung mit der Vertikalgeschwindigkeit w, und der Auftrieb ist

$$A = m \cdot w \quad \ldots \ldots \ldots \ldots (5)$$

wo m die in der Zeiteinheit in vertikale Bewegung gesetzte Luftmasse bedeutet. Es ist richtig, daß sich gleich von Anfang an mit dieser fortschreitenden Bewegung eine Zirkulation kombiniert, indem die Luft um die Ränder der Fläche von der Druck- auf die Saugseite zurückströmt. Zunächst ist aber, wie man durch die Rauchbeobachtungen feststellen kann, bei Tragflächen die fortschreitende Bewegung w überwiegend. Hierdurch wird der Impuls A in die Luft gelegt, der nun, wenn das Flugzeug hoch genug ist, nicht sofort auf den Boden wirkt, sondern sich mit Schallgeschwindigkeit nach unten fortpflanzt. Der Energieinhalt des Impulses ist

$$E = \frac{1}{2} m w^2 \quad \ldots \ldots \ldots (6)$$

Eliminiert man aus (5) und (6) die Größe w, so wird

$$E = \frac{A^2}{2\,m} \quad \ldots \ldots \ldots (7)$$

Nun bleibt A beim Fortschreiten konstant; dagegen geht die Wirkung stark in die Breite, die beteiligten Luftmassen m werden also sehr erheblich größer, je weiter der Impuls sich fortpflanzt. Dadurch wird der Energieinhalt des Impulses aber immer kleiner, bis schließlich am Boden ein ganz geringer Bruchteil der Energie ankommt, wobei sich der Druck auf eine große Fläche verteilt. In Wirklichkeit ist der Energieinhalt natürlich nicht umgekehrt proportional der beteiligten Luftmasse nach Gl. (7), sondern größer, weil die Geschwindigkeit w nicht gleichförmig auf die ganze Luftmasse verteilt ist. Immerhin nimmt w bis zur Unmerklichkeit ab. Der Energieinhalt ist aber auch proportional w, da wir Gl. (6) auch schreiben können:

$$E = A \frac{w}{2}, \text{ wo } A \text{ konstant ist.}$$

Beim Fortschreiten des Impulses wird also andauernd Energie frei, und zwar in unmittelbarer Nähe der Tragfläche am meisten. Diese Energie wird nach und nach von den großen Randwirbeln aufgenommen; dort findet sich also der gewöhnlich als »Schwebearbeit« bezeichnete Teil der Flugarbeit wieder, während die Reibungs- und Stirnwiderstände sich in eine größere Anzahl kleinerer Wirbel verzetteln. Die beiden Randwirbel breiten sich nach und nach über ihre Umgebung aus und zermahlen die vorhandene Energie. Wirbel sind also Vernichtungsstellen für Energie.

Zur Erzeugung so großer drehender Gebilde sind aber äußere Drehungsmomente nötig, d. h. Druckkräfte, die von außen her auf die Atmosphäre einwirken.

Dieselben entstehen in folgender Weise (s. Abb. 1). Sei AB die Stirnansicht einer Tragfläche, von deren beiden Hälften aus die nach unten gerichteten Kräfte P_1 und P_2 auf die Luft wirken. Auf dem Boden verteilen sich die Gegenkräfte bekanntlich nach einer sog. Glockenkurve (s. L. Prandtl, Tragflächen-Auftrieb und Widerstand in der Theorie, Jahrbuch der wissenschaftlichen Gesellschaft für Luftfahrt V, Band 1920), die der Breite nach ganz bedeutend ausgedehnter ist als die Tragfläche.

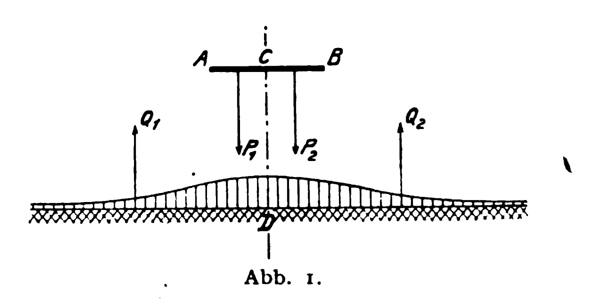


Abb. 1.

Die auf beiden Seiten der Mittelebene liegenden Resultanten Q_1 und Q_2 der Bodendrücke liegen daher viel weiter von der Mittelebene CD ab als die Auftriebsdrucke P_1 und P_2. Sie bilden daher mit ihnen zusammen zwei einander gegenläufige Drehungsmomente.

Ist die Tragfläche in so großer Höhe, daß eine sofortige Reaktion nicht stattfinden kann (bei einem Abstand von 2000 m vom Boden dauert es zirka 12 s; bis der Reflex vom Boden oben wieder ankommt), so übernimmt der Trägheitswiderstand der unter der Fläche befindlichen Luftmasse zunächst die Rolle des Bodens, indem sie den Impuls aufnimmt und an die weiter unten liegenden Luftmassen weitergibt. Hierdurch wird die bedeutende nachträgliche Vergrößerung der Wirbel, wie sie der Rauchversuch zeigt, erklärlich. Das erzeugende Moment kommt nicht sofort, sondern erst nach und nach zur Wirkung.

Nunmehr läßt sich auch die Intensität eines solchen Wirbels annähernd schätzen. Nehmen wir ein Flugzeug von 11 m Spannbreite und 2000 kg Gewicht, so kann die Schwebearbeit S im horizontalen Flug ausgedrückt werden durch das Produkt aus Tragflächenwiderstand und Sekundengeschwindigkeit:

$$S = W \cdot v,$$

v sei gleich 40 m/s, $W = {}^1/_{17}\,G$. Hiervon ist aber noch etwa die Hälfte als Profilwiderstand zu rechnen, der durch die Luftreibung verursacht wird. Als eigentliche Schwebearbeit verbleiben somit

$$S = 2350 \text{ kgm/s},$$

wovon die Hälfte auf jeden Wirbel kommt. Sei der Wirbel bis zur Berührung mit seinem Gegenwirbel, d. i. auf etwa 11 m Dmr angewachsen, so ist das Trägheitsmoment des in der Zeit dt erzeugten Wirbelstücks

$$J = \frac{r^4 \pi}{2} \cdot v \cdot \varrho \cdot dt = 7170 \text{ m}^4\text{kg/g} \cdot dt.$$

[1]) Tragflächen-Auftrieb und Widerstand i. d. Theorie. Jahrbuch der WGL Band V S. 51.

Nun ist

$$\frac{1}{2} J \omega^2 = S \cdot dt,$$

woraus

$$\omega = 0{,}573 \text{ m/s}.$$

Das ergibt eine Umfangsgeschwindigkeit von 3,15 m, und da der wirkliche Energieinhalt des Wirbels kleiner ist, kann man sagen, daß seine Umfangsgeschwindigkeit etwa 3 m betragen wird. Solange er kleiner ist, ist seine Umfangsgeschwindigkeit wesentlich größer.

Zum Schluß ist noch die direkte Einwirkung des Wirbels auf die Tragfläche zu besprechen. Sie besteht in einer saugenden Wirkung an der Stelle, wo sich der Wirbelschlauch an die Fläche anhängt. Eiffel hat bei seiner Untersuchung der Druckverteilung auf gewölbte Platten Bilder erhalten, die den Wirbelansatz deutlich zeigen. Dieselben finden sich in la résistance de l'air et l'aviation 1910, Tafel XXV. Man sieht auf der hinteren Hälfte der Platte an den Seitenkanten ein Unterdruckzentrum, das dem halben Wirbelkern entspricht. Da an dieser Stelle die gewölbte Platte stärker geneigt ist, so ist auch das Verhältnis von Auftrieb und Widerstand hier ein ungünstigeres, als dem Mittel der Fläche entspricht. Der Wirbel verschlechtert also dieses Verhältnis um ein Weniges. Man hat vielfach, auch in der Praxis, Flächenformen angewendet, welche dem Wirbel weniger Angriffsfläche bieten sollten, indem man den Neigungswinkel der Seitenkante kleiner wählte, also eine etwas verwundene Flächenform annahm. Die Laboratoriumsversuche haben aber keinen wesentlichen Vorteil dieser Anordnung erkennen lassen.

Die vorgetragene Theorie weicht in wesentlichen Punkten von der klassischen Helmholtzschen Wirbeltheorie ab. Das Nachsaugen von Flüssigkeit im Zentrum sieht wie ein Widerspruch gegen die Helmholtzsche Theorie aus, wonach der Wirbel stets aus den gleichen Luftteilchen bestehen muß. Weiter erklärt es Helmholtz für unmöglich, daß der Wirbel irgendwo in der Flüssigkeit ende, während das Nachsaugen von Luft im Zentrum als eine Art Selbstvernichtung aufgefaßt werden kann.

Diese Abweichungen des physischen Wirbels von der Theorie rühren davon her, daß Helmholtz seinen Entwicklungen ein reibungsloses Medium zugrunde gelegt hat, in welchem das Verschwinden von Energie, d. i. ein Erlöschen des Wirbels unmöglich ist. Der Wirbelprozeß in der natürlichn Luft mit ihrer inneren Reibung besteht aber gerade darin, daß Energie verschwindet, indem sie in Reibungswärme verwandelt wird.

Aussprache:

Professor Prandtl: Meine Herren! Herr Professor v. Parseval hat der Wirbeltheorie, die bei unseren eigenen Arbeiten immer etwas Abstraktes behalten hat (die allerdings gerade durch die bewußt eingeführten Abstraktionen zu ihren Erfolgen führen konnte), eine anschauliche Deutung gegeben.

Ich habe natürlich allerhand auf dem Herzen, was zu den einzelnen Fragen zu sagen wäre, will mich aber lieber auf die Dinge beschränken, die die im Vortrag gebrachten anschaulichen Vorstellungen weiter klären können.

Zuerst über den Wirbelkern: Wenn in den Büchern der Theoretiker angenommen wird, daß der Wirbelkern sich wie ein starrer Körper dreht, und daß an diesen Kern unvermittelt die drehungsfrei umlaufende Zirkulationsströmung grenzt, so ist dies nur als ein für die Durchführung gewisser Rechnungen vereinfachtes Bild aufzufassen. Niemand glaubt im Ernst, daß die Ecke in der Geschwindigkeitsverteilung von Abb. 2 wirklich vorhanden ist. Beim geraden Wirbelfaden läßt sich die Sache für die reibende Flüssigkeit wirklich verfolgen. Nach den Rechnungen, die meines Wissens von Oseen, dem schwedischen mathematischen Physiker stammen, wächst durch die innere Reibung der Durchmesser des Wirbelkerns unter gleichzeitiger Abnahme der Wirbelgeschwindigkeit allmählich immer mehr an, und zwar proportional $\sqrt{\frac{\mu t}{\varrho}}$ (wo μ die Zähigkeitskonstante, ϱ die Dichte und t die Zeit seit der Erschaffung des Wirbels ist). Die Geschwindigkeitsverteilung im Wirbel zu verschiedenen Zeiten ist aus Abb. 3 zu sehen; man erkennt, wie der Wirbelkern sich allmählich erweitert.

Die Erweiterung des Wirbelkerns, wie sie Herr v. Parseval beschrieben hat, ist aber ganz anderer Art. Ich habe diese Erscheinung bisher nicht gekannt, und Herr v. Parseval hat die Erscheinung, daß von hinten, wo die Rotation schwächer ist, und infolgedessen geringere Saugwirkungen sind, Luft nachströmt, ganz richtig erklärt. Es ist also in der Tat hier eine neue Tatsache nicht nur beobachtet, sondern auch erklärt worden.

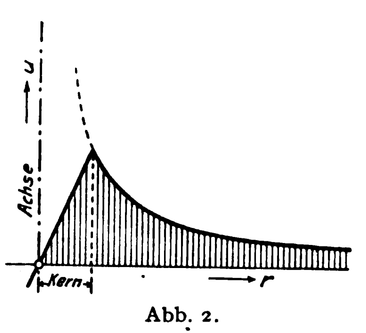


Abb. 2.

Die Bemerkung des Herrn v. Parseval, mit der er den Theoretikern einen leisen Vorwurf macht, daß der Energieinhalt eines Wirbels unendlich sei, erklärt sich so, daß man in der Rechnung annimmt, daß die Wirbelfäden nach vorne und hinten unendlich lang sind; dann erstrecken sich ihre Wirkungen auch nach der Breite ins Unendliche. In der Praxis hat ein Wirbel von endlicher Länge natürlich einen endlichen Energieinhalt. Dazu kommt, daß man stets mit einem Wirbelpaar rechnen muß, bei dem die gegenseitigen Wirkungen sich größtenteils aufheben, und so für ein Stück von endlicher Länge sich eine endliche Energie ergibt, auch wenn das Wirbelpaar im ganzen unendlich lang angenommen wird.

Bezüglich der Helmholtzschen Sätze hat Herr v. Parseval ganz scharf ausgesprochen, daß dieselben für reibungslose Flüssigkeiten abgeleitet sind und daß wir, sobald Reibung vorhanden ist, Änderungen haben, derart, daß der Wirbelkern an Durchmesser zunimmt. Aber ein Satz von Helmholtz bleibt bestehen, nämlich daß keine Wirbellinie irgendwo endigen kann. Denn dies ist ein rein geometrischer Satz, der einfach mit der Definition der Wirbellinie zusammenhängt. Wenn die beiden Wirbelkerne des Wirbelpaares zum Verschmelzen kommen, dann hören die Wirbellinien nicht auf, sondern sie schließen sich je mit einer Wirbellinie des anderen Wirbels zusammen.

Die neuen Feststellungen über das Verhalten der Wirbel geben, wie ich noch anfügen will, keinen Anlaß zur Änderung unserer theoretischen Ansätze, obwohl wir darin annehmen, daß die Wirbel gradlinig nach hinten ins Unendliche laufen.

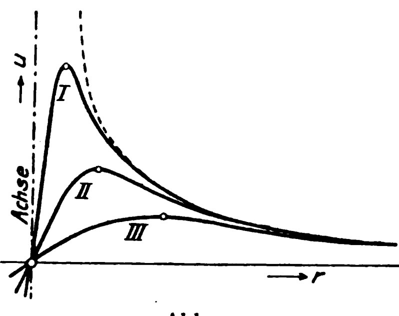


Abb. 3.

Denn die Rückwirkung der Wirbel auf die Tragfläche, auf die es dabei hauptsächlich ankommt, stammt aus den den Tragflächen zunächst gelegenen Wirbelpartien. Man wird wegen der einfacheren Rechnung immer mit den unendlich langen Wirbeln rechnen, auch wenn die weiter entfernten Teile in Wirklichkeit anders aussehen.

Professor Ahlborn: Die Wirbelbewegungen an Tragflächen sind in der von mir geleiteten Versuchsanstalt in Adlershof, die einen Versuchskanal mit strömendem Wasser besaß, auf photographischem Wege festgehalten worden.

Gegen die Theorie der unendlich breiten Tragfläche (das sog. zweidimensionale Problem) ist nichts einzuwenden. Hierbei wird der Raum zweifach zusammenhängend und dann kann

eine rotationslose Zirkulation stattfinden. Wenn man eine endliche Tragfläche hat, hört der Raum auf, zweifach zusammenhängend zu sein und dann ist nach der Theorie eine Zirkulation ohne Rotation nicht mehr möglich. Die an den Tragflächenenden sich anhängenden Wirbel machen aber den Raum praktisch wieder zweifach zusammenhängend, so daß um die Tragfläche herum nun die tragende Zirkulation ohne Rotation stattfinden kann. Die Theorie beantwortet die Frage nach dem Entstehen dieser Wirbel nicht. Durch die Photographie ist aber festgestellt, daß auf der Oberseite der Tragflächen sehr starke Wirbel auftreten. Diese sind von der neuen Theorie nicht berücksichtigt. Ich erlaube mir, ein Bild der Zirkulation vorzuführen.

Ein zweiter Punkt betrifft das Verhalten der Strömung am hinteren Rand der Tragflächen. Da die Strömung auf der Oberseite gegen die Mitte zu konvergiert, auf der unteren Seite divergiert, so entsteht hinter der Tragfläche eine Diskontinuität in der Strömung. Hier sollen nun nach Lanchester eigenartige Längswirbel entstehen. Das ist aber irrtümlich; vielmehr sind die beiden Schichten der Stromlinienbewegung über und unter der Fläche getrennt durch eine doppelte Helmholtzsche Wirbelschicht. Dazwischen befindet sich ein Strom, der nach vorn gerichtet ist, den ich als Vorlauf bezeichnet habe.

Die Theorie ist in Mißkredit gekommen, weil sie das Entstehen des Bewegungswiderstandes nicht erklären kann. Ich kann auf den Aufbau der neueren Theorie nicht eingehen, möchte aber hervorheben, daß die kinetischen Grundlagen der neueren Theorie nicht zutreffend sind.

Professor Föttinger: Meine Herren! Leider habe ich nur den allerletzten Teil der Ausführungen des Herrn Vortragenden gehört. Zur Klärung der widerstrebenden Auffassungen dürften vielleicht einige Feststellungen aus meinem bei der Gründung unserer Gesellschaft 1911 gehaltenen Vortrage »Über die physikalischen Grundlagen der Turbinen- und Propellerwirkung« beitragen[1]).

Das Zustandekommen der für die Treib- und Tragflächen charakteristischen Zirkulationsbewegung (deren Stärke durch das bekannte »Linienintegral« der »Zirkulation« $\Gamma = \int v_s \, ds$ = mittlere Geschwindigkeit der Umlaufbewegung auf einer Stromlinie dieser Bewegung, multipliziert mit der Länge der Stromlinie gemessen wird) ist dort dadurch erklärt, daß schon beim ersten Bewegungsbeginn zwei entgegengesetzt gleiche Umlaufbewegungen *a* und *b* als Bestandteile der gewöhnlichen Potentialströmung um die zylindrischen Körperhälften I und II (Abb. 4) entstehen, denen eine dauernd nach rechts gerichtete Kraft P_1 auf I und eine vorübergehend nach links gerichtete Gegenkraft P_2 auf II, also das bekannte Kräftepaar auf schräge Platten, entspricht.

Die zwei Umlaufbewegungen *a* und *b* stellen sich übrigens allgemein zusammen mit Stromverzweigungen, auch bei symmetrisch gestellten Körpern (Abb. 5) ein, entsprechend einem beiderseitigen Abströmen der vorn verdrängten Massen nach dem hinten frei gegebenen Raum (Doppelquellströmung). Aus Symmetriegründen bleibt hier die mittlere Umlaufstärke *a* und *b* jeder Hälfte erhalten.

Bei unsymmetrischer Körperlage (Abb. 1) wird dagegen die hintere Umlaufgruppe *b* einerseits durch die labilen Reibungs- oder Kavitationsbildungen am Hinterende *c*, anderseits durch die Trägheit der bei *M—M* tangential nach unten abströmenden Flüssigkeitsmassen bald am Umströmen auf die Plattenrückseite zu verhindert und schräg nach unten weggespült. Umgekehrt kann man sagen: Die fortbewegte Platte gleitet aus dem zurückbleibenden Umlaufbezirk *b* heraus, der sich freigeworden zum »Anfahrwirbel« mit ausgesprochenem Zentrum zusammenrollt.

Die Frage, ob man bei Bildung des Linienintegrals die Leitkurven *a* und *b* durch den umströmten Körper hindurch auf den Strecken *M—M* und M_1—M_2 schließen darf, ist

[1]) Im Auszuge s. »Verhandlungen der Versammlung von Vertretern der Flugwissenschaft« 1911, Oldenbourg, München, ausführlich s. ZFM 1912 S. 233 und S. 245. Vergleiche auch als Ergänzung: Föttinger, Neue Grundlagen für die theoretische und praktische Behandlung des Propellerproblems, Vortrag, gehalten 1917 vor der Schiffbautechnischen Gesellschaft, Jahrbuch derselben 1918.

Körper als erstarrten oder unendlich zähen Flüssigkeitsbezirk auffassen oder die Stellen gleichen Druckes *M—M* und M_1—M_2 durch eine feine Schlitzbohrung verbunden denken, die mit lediglich eine mathematische Konvention. Man kann z. B. den

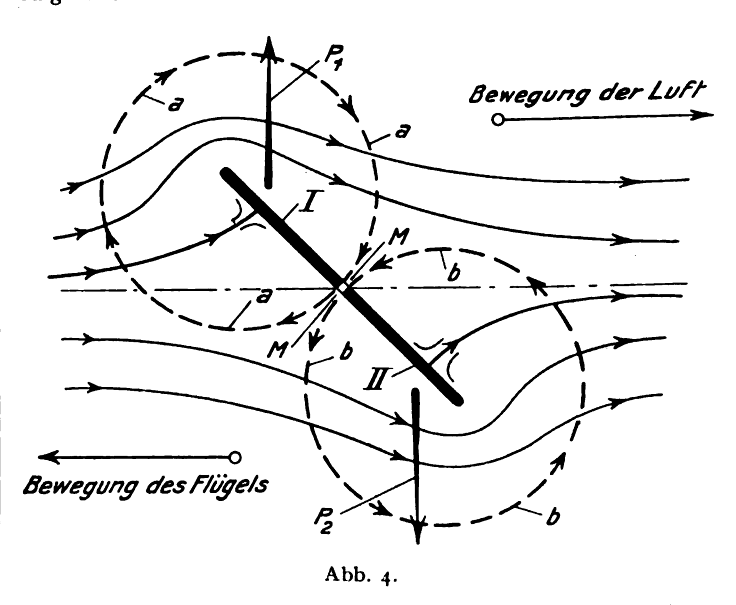


Abb. 4.

stagnierendem Medium erfüllt ist und während des Anfahrens durch einen Membranschieber *x* geschlossen wird. Nach dem Anfahren und Öffnen ist die dynamisch verwirklichte Zirkulation auch im mathematischen Sinne hergestellt.

Die Zirkulation *a* um die Vorderkante bleibt dagegen auch weiterhin samt der ihr entsprechenden Gegenreaktion R_1 = der nützlichen Treib- oder Tragkraft am Körper ihrem Sinne und ihrer Größenordnung nach erhalten.

Im Vortrag 1911 ist gezeigt, daß die Grenzschichtreibung zwar eine hinreichende, aber keine notwendige Bedingung für die Abtrennung der einen Zirkulationsströmung ist, daß vielmehr (abgesehen von der Erzeugung Helmholtzscher Diskontinuitätsflächen durch Hohlraumbildung) schon die vorübergehende Anwendung herausnehmbarer fester Verlängerungswände hinter den Treib- oder Tragflügeln während des Anfahrens genügt. Hierzu kommt als weitere Möglichkeit der oben genannte Membranschieber.

In der Diskussion zu meinem Vortrag von 1911 ist dann von Prof. Prandtl bemerkt worden (l. c.): »Die Entstehung der Zirkulation ist in Wirklichkeit zu erklären aus dem Fort-

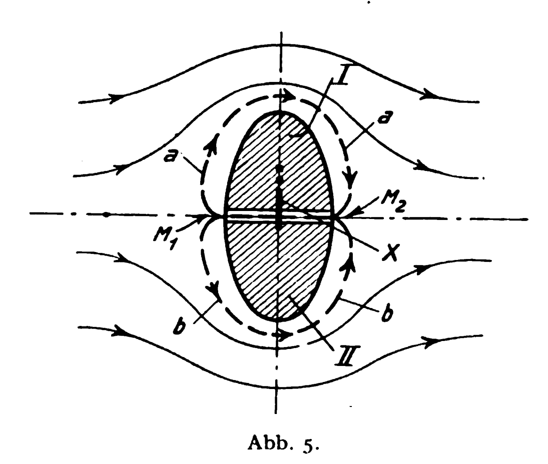


Abb. 5.

wandern der ersten Wirbel, die sich an der Austrittskante gebildet haben.« Diese Formulierung ist in gleicher oder ähnlicher Form in verschiedene neue Lehrbücher und Abhandlungen, auch Akademieschriften, übergegangen und hat wohl zu den vorliegenden Mißverständnissen mit Veranlassung gegeben, da die Folge von physikalischer Ursache und Wirkung in Wirklichkeit umgekehrt verläuft:

Eine zusätzliche Umlaufbewegung, der eine Art Schwungradwirkung mit bestimmtem Rotationsimpuls und bestimmter zusätzlicher Bewegungsenergie entspricht, kann nicht durch

rein passive Vorgänge, wie das Wegschwimmen eines Wirbels, das Öffnen eines Schiebers oder das Wegnehmen von Wänden usw. entstehen oder vergehen, sondern nur durch impulsive Kräfte, insbesondere Wanddrücke eingetauchter Körper. Diese erzeugen zunächst zwei Umlaufzonen, von denen eine an das Profil gebunden bleibt, während die andere durch Vorgänge passiver Art zum Abgleiten kommt.

Die erforderliche Zirkulation wird auch nicht durch die Reibung erzeugt, wie manchmal behauptet wird; denn dies wäre nur akkumulierend in Zeiten ganz anderer Größenordnung möglich und bei umgekehrtem Sinn der Reibungskräfte. Die Reibung spielt vielmehr nur die katalytische Rolle einer Steuerung, einer Initialzündung, einer Störung, welche die angesammelten Energiemassen im Sinne größerer Stabilität, größerer kinetischer und kleinerer potentialer Energie sich verändern läßt. Ihre Rolle kann daher auch durch andere passive Vorgänge (Gasentbindung, Dampfbildung, Ventilwirkung von Membranen usw.) ersetzt werden. Primär maßgebend bleiben dagegen die impulsiven Drücke und Gegendrücke des Profils.

Ich glaube, daß die Gedanken von Herrn von Parseval im wesentlichen auf dasselbe hinauslaufen.

Professor v. Parseval: Lediglich bezüglich der Zirkulation möchte ich eine kurze Bemerkung machen. Das Primäre ist hierbei der Massenwiderstand der Luft. Hieraus folgt ein Druckunterschied auf die Ober- und Unterseite der Platte und hieraus erst die Rückströmung der Luft nach oben um die Ränder der Platte, die wir Zirkulation nennen.

Die gewöhnliche Rechnungsweise, wonach zuerst das Bestehen einer Wirbellinie angenommen wird, betrachtet den Vorgang umgekehrt zu der natürlichen Reihenfolge: Erst ist der Auftrieb da, dann die Zirkulation, zuletzt der Wirbelkern.

Der **Vorsitzende** dankt dem Vortragenden, daß er sich in die schwierige Materie eingearbeitet und sie der Versammlung vorgeführt hat. Die Helmholtzsche Theorie rechne mit einem reibungslosen Medium. Da wir aber ein solches praktisch nicht haben, so ist jeder Versuch mit Dankbarkeit zu begrüßen, diese Dinge aufzuklären.

IV. Die neuesten Fortschritte auf dem Gebiete der drahtlosen Telegraphie und Telephonie mit besonderer Berücksichtigung von Übersee-Verbindungen.

(Mit Lichtbildern und Nauenfilm.)

Vorgetragen von K. Solff.

Die jüngste Phase in dem nunmehr etwa 20jährigen Entwicklungsgang der drahtlosen Telegraphie wird gekennzeichnet durch den Übergang von der Erzeugung gedämpfter Schwingungen durch tönende Löschfunkensender zu ungedämpften (kontinuierlichen) Schwingungen vermittelst Bogenlampe, Hochfrequenzmaschine und Kathodenröhre. Den stärksten Anstoß hierzu gaben die Erfahrungen des Weltkrieges, die insbesondere bei dem nie vorausgesehenen Masseneinsatz drahtloser Stationen an allen Fronten zu Land, zur See und in der Luft die Vorzüge der »ungedämpften« vor den »Funken«-Systemen klar hervortreten ließen. Die hauptsächlichsten dieser Vorzüge, die gleichzeitig den Gang der technischen Entwicklung der letzten Jahre zeigen, mögen hier kurz aufgeführt werden:

1. Verringerung der gegenseitigen Störung drahtloser Stationen durch benachbarte gleichartige Sender.
2. Vergrößerung der Empfindlichkeit und der Abstimmschärfe der Empfänger und ihres Wirkungsgrades.
3. Vergrößerung des Nutzeffekts der Sender, ihres Wellenbereichs und des Strahlungseffekts der Antennen.
4. Ermöglichung des maschinellen Schnellsendens, des automatischen Duplex-Schnellempfangs und der drahtlosen Telephonie.

Der augenblickliche Zustand im drahtlosen Weltverkehr zeigt, daß die Erkenntnis dieser Vorzüge sich nach und nach überall Bahn gebrochen hat. Die veralteten Funkenstationen sind fast nur noch in der Seeschiffahrt in größerer Zahl vertreten, weil hier bei der Menge der vorhandenen Einrichtungen (fahren doch allein unter englischer Flagge etwa 4000 mit Bordstationen ausgerüstete Handelsschiffe) eine Modernisierung nicht so schnell durchführbar ist. Im Binnenlandverkehr sowohl wie im intereuropäischen und besonders im Überseeverkehr haben dagegen die ungedämpften Sender die »Funken« bereits siegreich an die Wand gedrückt. Hier hat einfach der Zwang der Verhältnisse, bedingt durch die gewaltige Zunahme der Zahl der Landstationen und der Ansprüche an ihre technischen Leistungen, den naturgemäßen Übergang vom Guten zum Besseren selbsttätig bewirkt, so daß den für die nächste Zeit in Aussicht stehenden internationalen Funkenkongressen, die voraussichtlich dem »Funken« im Weltverkehr das Todesurteil sprechen werden, der Weg bereits vorgezeichnet und geebnet ist.

In Deutschland hat das Reichspostministerium auf Grund des Telegraphenregals durch seine für den drahtlosen Verkehr neugeschaffene Aufsichtsbehörde — das Funkbetriebsamt — die Verwendung von »Funken«-Stationen im Binnenlandverkehr bereits mit wenigen Ausnahmen gänzlich unterbunden. Unser deutsches, nach Beendigung des Weltkrieges in Angriff genommenes und nunmehr der Vollendung entgegengehendes Reichsfunknetz (s. Abb. 1), das in erster Linie zur Entlastung des bekanntermaßen den gesteigerten Ansprüchen längst nicht mehr gewachsenen Drahtnetzes dient, ist übrigens der erste großzügig und zielbewußt unternommene und auch vom Ausland als solcher anerkannte Versuch zu einer weitgehenden Ausnutzung des neuen Nachrichtenmittels im Binnenlandverkehr. Dieses Netz, dessen Ausbau unter den jetzigen schwierigen Verhältnissen unbedingt als eine anerkennenswerte Leistung unserer soviel geschmähten Telegraphenverwaltung bezeichnet werden muß, besitzt nur ungedämpfte Sender verschiedener Systeme, unter denen die modernen Telefunkenröhrensender bei weitem überwiegen. Das Netz ist für die deutsche Luftfahrt insofern von Bedeutung, als es neben seinen sonstigen Aufgaben die Verbreitung von Zeitsignalen und Wetterberichten für Luftfahrer durch zu bestimmten Tagesstunden ausgesandte »Rundfunksprüche« mit in sein Programm aufgenommen hat. Die mit einem hierfür geeigneten, vom Funkbetriebsamt zu ermietenden Empfänger ausgerüsteten Hallen, Flughäfen, Bureauhäuser, wissenschaftlichen Institute usw. können diese Spezialberichte neben den sonst sie interessierenden Pressenachrichten täglich aufnehmen und verwerten. Dabei darf allerdings nicht außer acht gelassen werden, daß zum Aufnehmen von Morsezeichen nach Gehör vorläufig noch ein ausgebildeter »Funker« erforderlich ist, der erst fortfallen kann, sobald der »Rundfunk« telephonisch gegeben oder durch Typendrucker selbsttätig niedergeschrieben wird. Beide Methoden sind in der Entwicklung begriffen und werden in einiger Zeit der Allgemeinheit zugänglich gemacht werden. Für bescheidenere Ansprüche genügt wohl auch der regelmäßige Bezug der »Rundfunksprüche« von dem nächsten, mit einer entsprechenden Empfangsstelle ausgerüsteten Telegraphenamt, wie sie auf der Karte (Abb. 1) angegeben sind. Es sei hier auch noch darauf hingewiesen, daß zur Aufnahme des täglich um 1^h vorm. und 1^h nachm. von der Großfunkstelle Nauen mit »tönenden Funken« ausgegebenen, von der Hamburger Seewarte regulierten Zeitsignals (mit anschließendem Wetterbericht), dessen Aufnahme nach Gehör keine Kenntnis komplizierter Morsezeichen voraussetzt, mit einem im Handel erhältlichen einfachen und billigen Empfänger nur die Einholung einer Genehmigung der zuständigen Oberpostdirektion erforderlich ist, die bei vorliegendem Bedürfnis (z. B. Kontrolle wissenschaftlicher Chronometer) jederzeit erteilt wird.

Gehen wir nunmehr zu dem Luftschiff oder Flugzeug in Fahrt über und betrachten kurz die Möglichkeiten, die durch die letzten Errungenschaften auf drahtlosem Gebiete geschaffen sind, so ist auch hier manches Neue zu verzeichnen. Daß man von oben nach unten und umgekehrt, ebenso von Schiff zu Schiff, auf fast unbeschränkte Entfernungen »funken« kann, haben die Kriegsfahrten unserer Lenkluftschiffe genügend bewiesen. Die neuen »Röhrensender«, von denen ein Modell hier ausgestellt ist, sollen neben den technischen Vorteilen, die sie bieten, auch dem Märchen von der Entzündungsgefahr brennbarer Gase, das mit dem Begriff einer mehr oder weniger offenen Funkenstrecke immer verbunden war, endgültig ein Ende machen. Auch in der Antennenfrage bringen sie eine Umwälzung, da sie die lang herabhängenden Drähte, die jedem Luftfahrer ein Dorn im Auge waren, entbehrlich machen werden. Dies zeigt sich schon jetzt beim Empfang, wo ebenso, wie bei Landstationen, die in sich geschlossene Rahmenantenne Abb. 2 immer größere Bedeutung erlangt, deren geringe Abmessungen durch die fast unbegrenzte Verstärkungsmöglichkeit der aufgefangenen Signale vermittelst der Kathodenröhren relais bedingt sind. Da ein solcher Rahmen eine ausgesprochene Richtwirkung besitzt, indem er die Signale eines Senders, nach dem die Rahmenebene hinzeigt, am lautesten durchdringen, die dazu senkrechten dagegen fast völlig verschwinden läßt, so kann er gleichzeitig zum »Anpeilen« der

Abb. 1. Deutsches Reichsfunknetz.

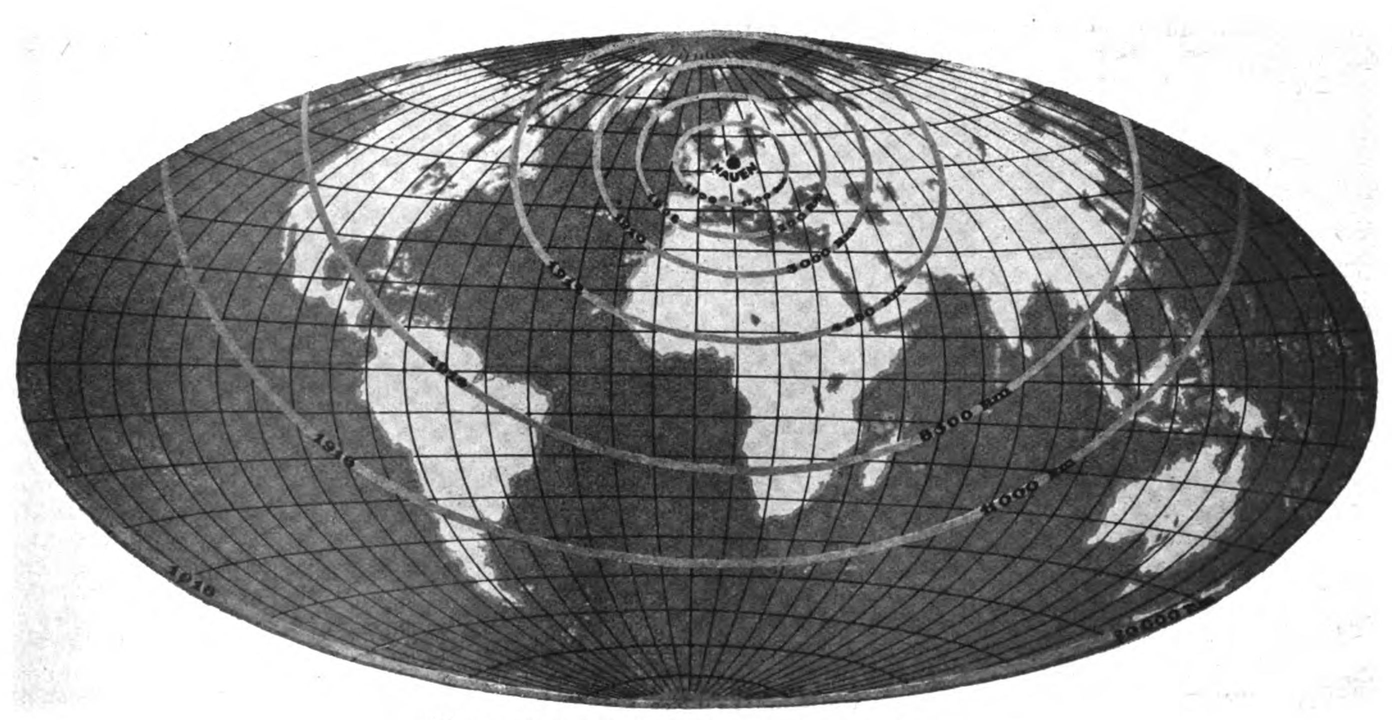


Abb. 3. Reichweitenkarte der Großfunkstelle Nauen.

Lage nach bekannter Sender und damit, wenn mehrere solcher gleichzeitig gepeilt werden, zum Festlegen des jeweiligen Schiffsortes benutzt werden. Solche drahtlosen Peilungen wurden bisher entweder am Boden mit festen Richtantennen ausgeführt und mußten dann dem Luftschiff zugefunkt werden, oder es wurden komplizierte Richtsender mit Vielfachantennen errichtet, die bedeutende Kosten erforderten. Die neue Methode der Rahmenpeilung macht alle diese Sondereinrichtungen überflüssig, da jede bekannte Station z. B. aus dem deutschen Reichsfunknetz, während ihres gewöhnlichen Dienstes angepeilt werden kann, sofern ihr Rufname und ihre Wellenlänge dem »Orter« bekannt sind.

Natürlich wird im Verkehr zwischen Boden und Flugzeug die drahtlose Telephonie eine wesentliche Erleichterung bringen, da der vielgeplagte »Orter« sich dann nicht mehr mit dem so wenig beliebten Abhören der Morsezeichen herumzuschlagen braucht. Das ist aber auch der wesentlichste Vorteil, den die Übermittlung des gesprochenen Wortes bietet, die in Laienkreisen sich meist einer viel zu weitgehenden Überschätzung erfreut. Denn die Tatsache, daß man mit derselben Sendeeinrichtung bei Raumtelephonie nur einen Bruchteil der Reichweite wie bei Telegraphie erzielt, darf nicht außer acht gelassen werden. Wir haben ja ähnliche Erscheinungen bei der Drahttelegraphie und -Telephonie, die jeder von ihnen ein bestimmtes, ihrer jeweiligen Eigenart angepaßtes Verwendungsgebiet im praktischen Gebrauch zugewiesen haben. Wesentlich günstiger werden die Verwendungsmöglichkeiten

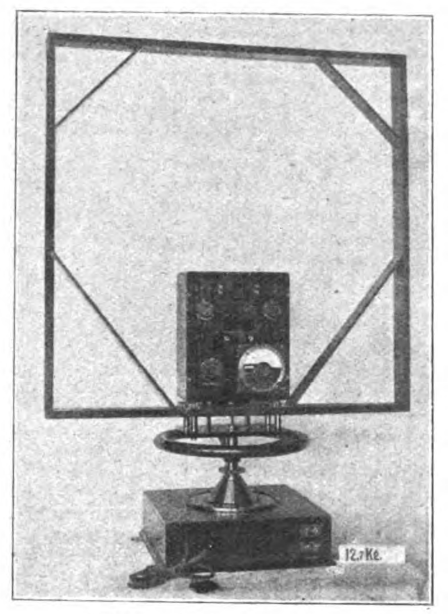
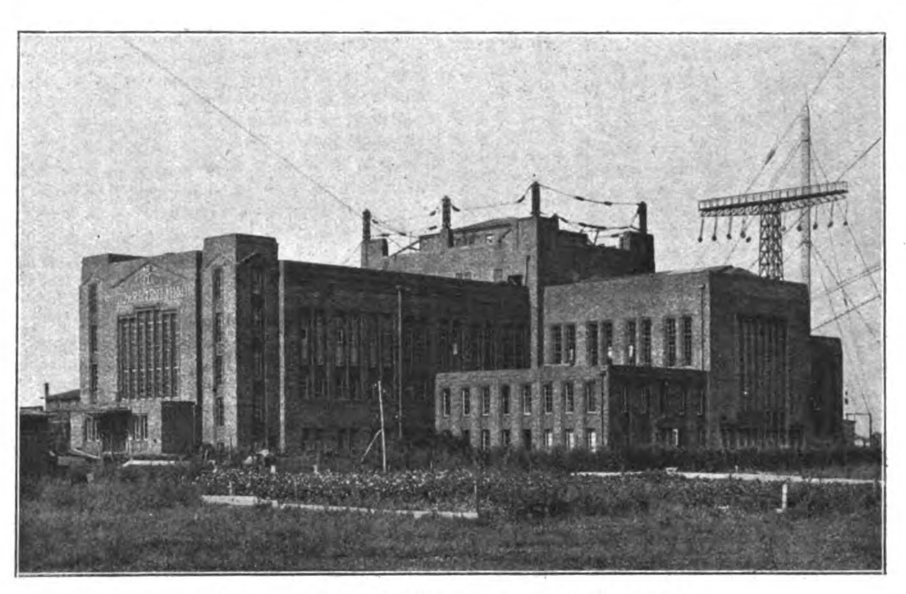


Abb. 2. Rahmenantenne.


Abb. 4. Großfunkstelle Nauen — Außenansicht.

für die drahtlose Telephonie, wenn wir zur Fortleitung der durch die menschliche Stimme beeinflußten Hochfrequenzschwingungen als Träger der Sprache vorhandene Starkstromleitungen heranziehen (leitungsgerichtete Telephonie) oder die bestehenden Telegraphen- und Telephonleitungen unseres Reichsnetzes durch Überlagerung von Hochfrequenzgesprächen über die niederfrequenten Drahtgespräche mehrfach ausnutzen (Mehrfach-Hochfrequenztelegraphie und Telephonie). Damit entfallen alle die Komplikationen, die der Fortpflanzung elektromagnetischer Hochfrequenzschwingungen über den freien Raum durch die Tücke des Objekts bereitet werden.

Wir kommen hier zu einem Gebiete, bei dem zwischen Luftfahrt und drahtloser Telegraphie gewisse in ihrem Wesen begründete Berührungspunkte vorhanden sind, und zwar sind das die wechselnden Zustände der uns umgebenden Atmosphäre und des hypothetischen Mediums »Weltäther« genannt. Sie bringen in die sonst so einfachen Beziehungen zwischen aufgewendeter Kraft und erzielter Reichweitenleistung eine unbekannte Größe X hinein, die das ganze Problem ungeheuer kompliziert. Hier liegt noch ein weites Gebiet für die wissenschaftliche Erforschung offen, und es harrt noch eine Reihe von Fragen der Lösung, bei denen nur die gemeinsame Zusammenarbeit zwischen Meteorologie und Elektrophysik zum Ziele führen kann. Bei manchen dieser unsere Berechnungen über den Haufen werfenden Erscheinungen auf drahtlosem Gebiet kennen wir zwar das Wie und Wo, aber selten das Warum und Wodurch. So wissen wir z. B., daß infolge der durch Sonnenbestrahlung hervorgerufenen Ionisation die Durchlässigkeit höherer Luftschichten für die elektromagnetischen Wellenzüge am Tage bedeutend geringer ist als bei Nacht oder, anders ausgedrückt: daß eine drahtlose Station mit bestimmten Wellenlängen bei Dunkelheit etwa die dreifache Entfernung überbrücken kann wie bei Helligkeit. Wir wissen ferner, daß dieses Mißverhältnis wieder ungefähr ausgeglichen werden kann durch die Wahl der Wellenlänge, da lange Wellen durch solche ionisierten Luftschichten weniger beeinflußt werden als kurze. Wir haben auch eine Reihe auf sehr scharfsinnigen Hypothesen beruhender Erklärungen von fachwissenschaftlicher Seite hierfür, die sich mit den Erfahrungen der Praxis gut in Einklang bringen lassen, die aber doch immer Hypothesen bleiben. Ehe nicht so grundlegende Fragen, wie die Funktion der verschiedenen Erdschichten bei Fortleitung der Wellen auf weite Entfernungen, ebenso wie die Bedeutung der hierfür gleich wichtigen höheren Luftschichten mit ihren Reflexions-Beugungs- und -Brechungserscheinungen usw. experimentell einwandfrei untersucht und geklärt sind, müssen wir uns mit Kompromissen begnügen. Die drahtlose Technik ist also vorläufig noch in der Zwangslage, entweder ihre größeren Anlagen so überzudimensionieren, daß sie allen atmosphärischen Zuständen gewachsen sind — und das führt zu unökonomischen Monstrestationen — oder mit gewissen Einschränkungen zu operieren, die »anormale« Störungszustände als »Gewährsfehler« außer Betracht lassen. Eine ganz besonders wichtige Rolle spielen diese Fragen im drahtlosen Überseeverkehr. Einen klaren Überblick über das Anwachsen der von der bekannten deutschen Großstation Nauen im Laufe der Jahre erzielten Entfernungen gibt uns die beifolgende Abb. 3, aus der zu ersehen ist, daß es keinen Punkt auf der Erde mehr gibt, der von Nauen aus nicht drahtlos zu erreichen wäre. Solch ein, wenn auch mehrmalig geglückter, einseitiger Entfernungsrekord bedeutet aber noch lange nicht, daß nunmehr mit den technischen Mitteln, wie sie Nauen aufweist, eine den kommerziellen Bedürfnissen genügende, wechselseitige Verbindung zwischen Deutschland und z. B. Neuseeland hergestellt werden kann. Natürlich liegt hier der schon oben angedeutete Gedanke nahe, daß man dann eben die beiden ausschlaggebenden Faktoren »Hochfrequenzenergie« und »Antennenabmessungen« solange vergrößern muß, bis sie für die gegebene Entfernung ausreichen. Das ist zwar auch ein Weg, wie ihn z. B. die Amerikaner bei ihrer im Laufe des Krieges bei Bordeaux errichteten und vor kurzem von den Franzosen vollendeten Station »Lafayette« eingeschlagen

haben, aber man kommt dabei bald an eine Grenze und die heißt: **Rentabilität!** Sollen diese Großstationen — und das ist doch ihr Endzweck — mit den Überseekabeln in Konkurrenz treten und sie schließlich überflüssig machen, so müssen

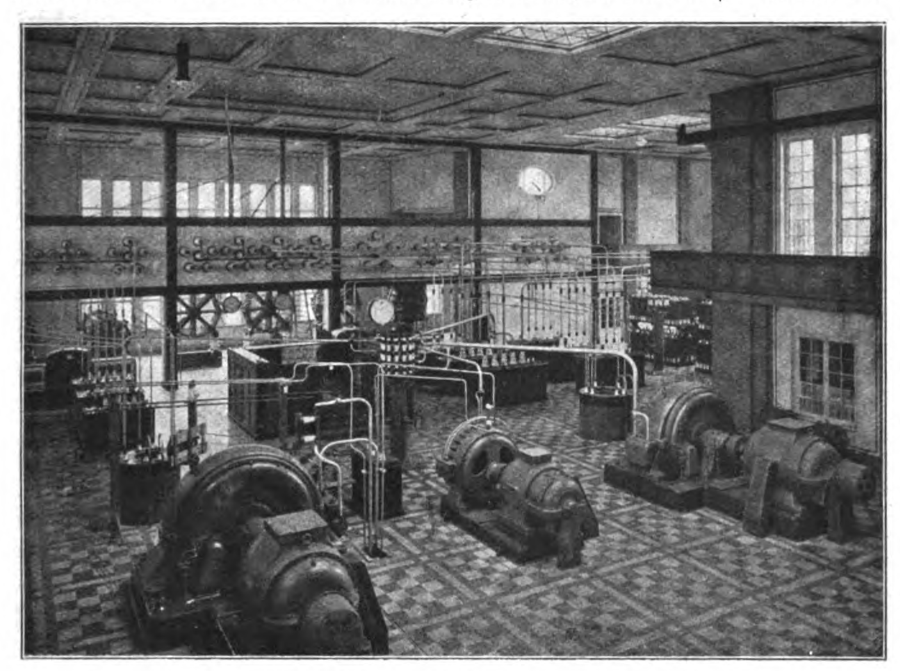


Abb. 5. Großfunkstelle Nauen — Innenansicht.

sie bei gleicher Sicherheit schneller und billiger das Wort über den Ozean befördern als die Kabel; denn sonst hätten wir ja keinen Fortschritt, sondern einen Rückschritt erzielt!

Ein kurzes Beispiel, berechnet auf der Basis der Verhältnisse vor dem Kriege, zeigt, daß die reinen Gestehungskosten für das Wort zu 5 Buchstaben auf der Strecke Deutschland—Nordamerika, d. h. also auf einer Entfernung von etwa ½ Erdquadranten, bei Kabel und drahtloser Telegraphie etwa die gleichen waren.

Es kosteten in **Goldmark** etwa nach dem Stande von 1914 (in runden Zahlen):

	Kabel	drahtlose Verbindung
	Deutschland—Azoren—Amerika	Deutschland—Amerika.
Anlagekosten: . . .	M. 21000000.—	M. 10000000.—
Jährl. Unterhaltungs- u. Betriebskosten: . . .	(rund 12) $^0/_0$ = M. 2500,000.—	(rund 25 $^0/_0$ =) M. 2 500 000.—

In beiden Fällen sind die üblichen Abschreibungen und Bankzinsen mit eingerechnet. Es ergibt sich daraus, daß bei Zugrundelegung der vor dem Kriege gültigen Worttaxe von rd. M. 1 zwischen Deutschland und Amerika eine Frequenz von etwa je 7000 Worten täglich erforderlich war, um bei beiden Arten von Anlagen die jährlichen Ausgaben zu decken. Um die Ausschüttung einer bei industriellen Unternehmungen üblichen Mindestdividende von etwa 7% zu ermöglichen, müßte man also mit einer täglichen Wortzahl von etwa 9000 (drahtlos) bzw. 11000 (Kabel) zu einem Tarifsatz von M. 1 rechnen. Erst bei noch stärkerem Verkehr könnte die Frage der Ermäßigung der Worttaxen in Betracht gezogen werden. Es ist übrigens interessant festzustellen, daß die durchschnittliche Verkehrsfrequenz auf der seit Juli 1919 wieder in Betrieb befindlichen drahtlosen Linie Nauen—U. S. A. die Höhe von etwa 7000 täglichen Taxworten erreicht hat, und zwar in einer Zeit, wo wir uns noch im Kriegszustande mit Amerika befinden. Multipliziert man alle oben angeführten Zahlen, soweit sie sich auf Mark beziehen, mit einem dem Stande unserer Valuta entsprechenden Faktor 10, so bekommt man ein angenähertes Bild der heutigen Verhältnisse, dem ja auch die jetzt gültige Worttaxe von etwa 7 bis 10 Papiermark bzw. 30 Cts. amerikanischer Währung Rechnung trägt. Hiernach ist es also klar, daß eine Verbilligung der Worttaxen nur erzielt werden kann durch eine Erhöhung der Verkehrsfrequenz, und in diesem Punkte macht sich nun eine Überlegenheit der »drahtlosen« gegenüber dem Kabel entscheidend bemerkbar. Die Höchstleistung des Tiefseekabels dürfte trotz aller technischen Kunstgriffe mit etwa 175 Buchstaben = 35 Wörtern in der Minute erreicht sein, während die »drahtlose« bei maschinellem Schnellbetrieb auf kleineren Stationen 500 Buchstaben = 100 Wörtern und auf den Großstationen 300 Buchstaben = 60 Wörtern schon jetzt erreicht und hiermit noch durchaus nicht an der Grenze angelangt ist. Da moderne Großstationen mit Hochfrequenzmaschinensendern einen 24stündigen Dauerverkehr bei gleichzeitigem Senden und Empfang durchzuhalten vermögen, so hat man mit Recht in dieser Richtung die Entwicklungsmöglichkeiten des drahtlosen Überseeverkehrs gesucht und manche erfolgversprechenden Lösungen bereits gefunden. Der **Duplexverkehr**, d. h. gleichzeitiges Senden und Empfangen ohne gegenseitige Störung, bedingte zunächst eine räumliche Trennung der Sende- von der Empfangsstelle, die aber nach Einführung der oben erwähnten Rahmenantenne mit ihrer Selektionsfähigkeit einen Abstand von 10 bis 15 km nicht mehr zu überschreiten braucht (Abb. 6). Der Sendebetrieb läßt sich nun entweder von dieser Empfangsstelle aus über Relaisleitungen betätigen, oder es wird die »Seele« der Großstation, d. h. Sendetaste und Aufnahmeapparat, an einen dritten, den sonstigen Verkehrszentren möglichst nahen Ort verlegt, der mit der Sende- und Empfangsstelle durch Spezialleitungen und Rohrpost verbunden wird. Damit wird auch der Forderung nach Zentralisation zwecks Ersparung von Menschenkraft entsprochen, während Anlage- und Betriebskosten durch Zusammenlegung mehrerer Großstationen zu einer »Sendestadt« mit kombinierter Antennenanlage und einem Kranz sie umgebender »Empfangsdörfer« weiter vermindert werden können. Nach diesen Gesichtspunkten glaubt

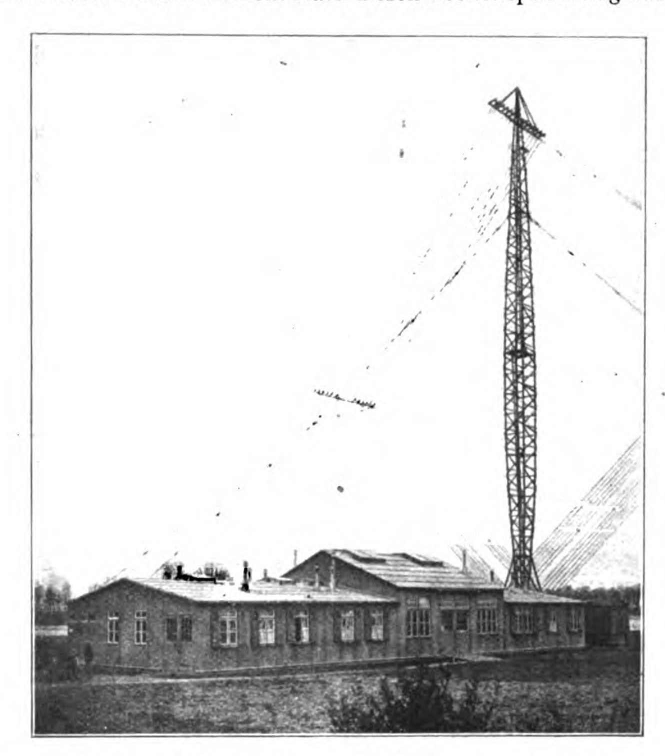
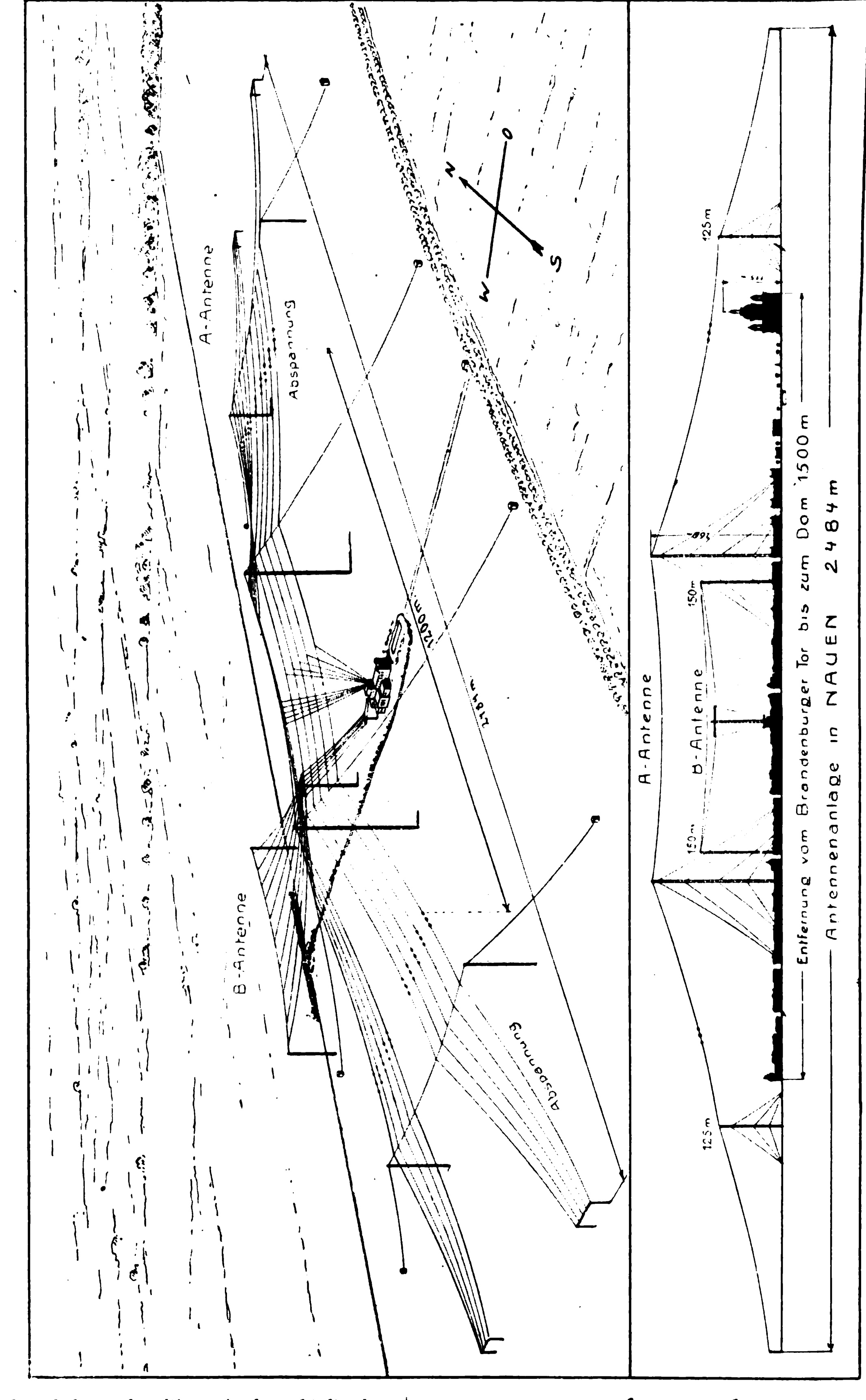


Abb. 6. Duplexempfangsstelle Geltow bei Potsdam.

neuerdings die drahtlose Technik mit Erfolg den bisher wenig Aussicht bietenden Konkurrenzkampf mit den Kabellinien im Weltverkehr aufnehmen zu können. Für uns Deutsche ist diese Frage von besonderer Wichtigkeit, nachdem uns der Versailler Vertrag auch unser in erfolgreicher Entwicklung begriffenes Seekabelnetz endgültig abgesprochen hat, und eine Aussicht, dasselbe in absehbarer Zeit wieder aufbauen zu können, bei unserer finanziellen Lage nicht mehr besteht. Ein kurzer Überblick über die verschiedenen **Weltfunkennetze**,



Antennenanlage der Großstation Nauen.

ihren jetzigen Stand und den zukünftigen Ausbau dürfte deshalb nicht ohne Interesse sein (Folgen Lichtbilder: Amerikanisches, englisches, italienisches, französisches und deutsches Weltfunkennetz, benannt nach den dabei verwendeten Systemen). Wie hieraus zu ersehen ist, stehen wir nach Anzahl der bestehenden und im Bau befindlichen Großstationen, die das deutsche Telefunkensystem benutzen, trotz der durch den Krieg erlittenen Einbußen immer noch an dritter Stelle, während wir in Nauen anerkanntermaßen die augenblicklich leistungsfähigste Großstation der Welt besitzen (vgl. Abb. 4 bis 6)[1]).

[1]) Der nachfolgende **Film** mit technischen Erläuterungen, gibt einen Einblick in den Betrieb dieser Station und zeigte den Weg, den ein Funkspruch von Deutschland nach Amerika zu durchlaufen hat.

Aussprache:

Vorsitzender: Ich stelle diesen hochinteressanten Vortrag zur Diskussion. Wünscht jemand das Wort dazu?

Scheinbar sind Sie erschlagen (Heiterkeit).

Meine Herren, ich möchte nicht verfehlen, Herrn Direktor Solff unseren aufrichtigsten Dank auszusprechen für die lichtvolle Einführung in den Betrieb einer Großstation und für die Erlaubnis zu dem demnächst folgenden Besuch in Nauen. Wir von der Luftfahrt können ja der drahtlosen Telegraphie gar nicht dankbar genug sein, weil sie uns auch bei Nebel und schlechtem Wetter Richtung und Ort gewiesen hat und weisen wird.

V. Über den Gleit- und Segelflugwettbewerb in der Rhön 1920.

Vorgetragen von **W. Klemperer.**

I.

Die Entwicklung des Flugwesens hat überall ein langsameres Tempo als in dem vergangenen Jahrzehnt angenommen, aber nirgends in der Welt war sie so behindert wie bei uns in diesem Jahre. Um so mehr ist es erfreulich, daß es trotzdem möglich war, einen Flugwettbewerb zu veranstalten und durchzuführen. In der Erkenntnis, daß dies unter den gegenwärtigen Verhältnissen die einzige, mit bescheidenen Mitteln durchführbare Form sei, neue Anregungen auf dem Gebiete des Flugwesens zu schaffen, hatte es der Verband Deutscher Modell- und Gleitflugvereine, in diesem Jahre präsidiert durch den Flugtechnischen Verein Dresden, unternommen, einen Wettbewerb für motorlose Gleit- und Segelflugzeuge zu veranstalten. Die Eigenart dieses Zweiges fliegerischer Sport- und Forschungsbetätigung forderte auch eine besondere Eigenart der Durchführung der Veranstaltung.

Flugübungen mit motorlosen Flugzeugen verlangen vor allem ein besonderes Gelände. Als ein solches von unerreichter Eignung bot sich das Rhöngebirge dar, wo insbesondere die Wasserkuppe mit ihren bemoosten, waldlosen Hängen verschiedener Neigung nach fast allen Windrichtungen gutes Start- und Landungsgelände gewährt. Da die Wasserkuppe mit ca. 1000 m Seehöhe die umliegenden Berge überragt, ist die Gefahr, in den Windschatten vorgelagerter Bergspitzen oder Hänge zu geraten, nicht groß. Außerdem bietet sich die Möglichkeit zu langen Gleitflügen in die Täler, wo sich fast überall günstiges Landungsgelände findet. Das Gelände der Wasserkuppe hatte übrigens schon früher seine Eignung zu Gleitflügen erwiesen, insofern dort die Darmstädter Flugsportvereinigung in den Jahren 1912 bis 1914 ihre zahlreichen und lehrreichen Gleitflugübungen unter der Führung von Hans Gutermuth durchgeführt hat. Den gefallenen Mitgliedern dieser flugbegeisterten Gruppe Darmstädter Studierender wurde übrigens anläßlich der diesjährigen Rhön-Flugveranstaltung ein Denkstein errichtet.

Gleit- und Segelflugversuche hängen sehr von Wind und Wetter ab, insbesondere müssen sie bei verschiedenen Windstärken gemacht werden. Darum wurde der Wettbewerb über sieben Wochen ausgedehnt, vom 15. Juli bis 7. September.

Die Veranstalter hatten es vorgezogen, lieber der Veranstaltung einen mehr sportlichen Rahmen zu geben, und auf Großzügigkeit im industriellen Sinne zu verzichten, als dieses Jahr in Untätigkeit verstreichen zu lassen. So kam es, daß die Zeit zwischen Ausschreibung und Veranstaltungsbeginn eine sehr kurze war. Es konnten sich daher in erster Linie diejenigen beteiligen, welche sich schon früher mit Gleitflügen beschäftigt hatten. Die flugtechnische Industrie war sowohl durch ihre wirtschaftliche Lage als durch die Kürze der Zeit in der Beteiligung für dieses Mal behindert.

Die Zusammensetzung der Teilnehmer sowie die Anforderungen eines längeren Aufenthaltes in immerhin sehr entlegenem Gebiet bestimmten die Eigenartigkeit der Durchführung der Veranstaltung. Auf der Wasserkuppe an der Quelle der Fulda entstand eine Fliegerniederlassung von durchaus feldlagermäßigem Gepräge. Drei große Flugzeugzelte von Gebr. Cassel konnten gerade die verschiedenen Apparate beherbergen. In den Zelten dienten besondere, mit primitivsten Mitteln selbst gebaute Kojen den unermüdlichen Teilnehmern als eine Wohnstätte, die tatsächlich mit nichts anderem als allem Komfort der Natur ausgestattet war — soweit man nicht bei schlechtem Wetter in der nächsten Sommerfrischenortschaft, Gersfeld, zu wohnen vorzog. Aber Gersfeld war immerhin 1½ bis 2 Wegstunden entfernt und der Weg nicht unbeschwerlich; denn bei dem gefürchteten Rhönnebel konnten sich die Tapferen, die die Verbindung aufrechterhielten, schwer durchnässen und überdies arg verfranzen.

Zum Zeltlager gehörte eine feldmäßig improvisierte Küche, in welcher der Lagerkoch mit viel Geschick und unverwüstlichem Humor für die Verpflegung der Lagerbesatzung sorgte. Die Verpflegung im Lager wurde kostenlos zur Verfügung gestellt. Je eine kleine Baracke war als Werkstätte, Materiallager und als Behausung für die Sportleiter und Wettermacher eingerichtet. Bei schönem Wetter war der Aufenthalt in der freien Natur bei den eigenen landschaftlichen Reizen der Rhön und der vortrefflichen Verpflegung überaus genußreich; aber leider wurde die Veranstaltung vom Wetter mit einem hartnäckigen Pech verfolgt. Die längste Zeit war die ganze Wasserkuppe in Wolken gehüllt, das ganze Lager drohte davonzuschwimmen. Die Unbilden der Witterung, die Märsche zur Versorgung des Lagers mit Lebensmitteln und allem sonst Erforderlichen stellten dann hohe Anforderungen an die Ausdauer aller Beteiligten. Aber die Begeisterung für die Sache ließ alle diese Kleinigkeiten mit Leichtigkeit überwinden. Wer aber das Glück hatte, bei schönem Wetter das Auge über die blaue Rhönlandschaft schweifen lassen zu können, dem werden diese Tage unvergeßlich bleiben.

Die Oberleitung des Wettbewerbs war von den Veranstaltern, Herrn Ursinus, dem Herausgeber der Zeitschrift »Flugsport« übertragen worden, welcher sich mit größter Aufopferung und Tatkraft ganz in den Dienst dieser Aufgabe stellte. Die Oberleitung wurde unterstützt von den Herren des Flugtechnischen Vereins Dresden, den unermüdlichen Herren der Sportleitung, von einer Station der Versuchsanstalt Adlershof und von einer Wetterstation des meteorologisch-geophysikalischen Instituts, Frankfurt a. M. Eine gute funkentelegraphische Empfangsstation versorgte das Fliegerlager mit dem Wetterbericht und den sonstigen Nachrichten, soweit sie zu jedermanns Verfügung im Lichtäther herumschwirrten.

Die Durchführung des Wettbewerbs, die Transporte, die Lagerverpflegung usw. verursachten Kosten, welche aus einem durch private Sammlung bereitgestellten Veranstaltungsfonds von ungefähr M. 30 000 gedeckt wurden. An Preisen standen der Veranstaltung aus Stiftungen zahlreicher Gönner, luftfahrtlicher Körperschaften und Firmen etwa M. 28 000 und mehrere Ehrenpreise zur Verfügung. Viele andere hatten die Sache durch Überlassung von Materialien aller Art, einesteils für Lager und Werkstätte, andernteils durch die tatkräftige Vermittlung von Herrn Kromer in Frankenhausen für den Bau der Flugzeuge wirksam unterstützt. Unermüdlich waren die Herren des Preisgerichtes unter dem Vorsitz von Herrn Geh. Baurat Professor Dr. Gutermuth. Viele Gäste kamen nach der Rhön, und wohl keiner ging ohne Anregung wieder fort. Stets fanden sich bereitwillige Helfer, wenn es nötig war.

II.

Der eigentliche Zweck dieser immerhin eigenartigen Veranstaltung war wohl ein dreifacher:

Erstens gibt es eine große Anzahl begeisterter Anhänger des reinen Gleitflugsportes. Es gibt auch keine ähnliche Möglichkeit, die Sehnsucht, zu fliegen, auf gleich billige und vollkommene Weise zu erfüllen. Und diese Sehnsucht ist stark. Daß der Gleitflugsport weit mehr Interesse bietet

als etwa der Rodelsport, dem er in der Art im gewissen Sinne vergleichbar ist, liegt auf der Hand. Der Wunsch nach wiederkehrender Gelegenheit, sich in sportlichem Wettbewerb zu messen, besteht seit langem bei allen Gleitfliegern. Er ist durch den Rhönsegelflug 1920 erneut aufgeflammt. Die durch die Verhältnisse bedingte Einschränkung des Motorflugwesens führen ihm fortgesetzt neue Anhänger aus den Reihen ehemaliger Flieger zu.

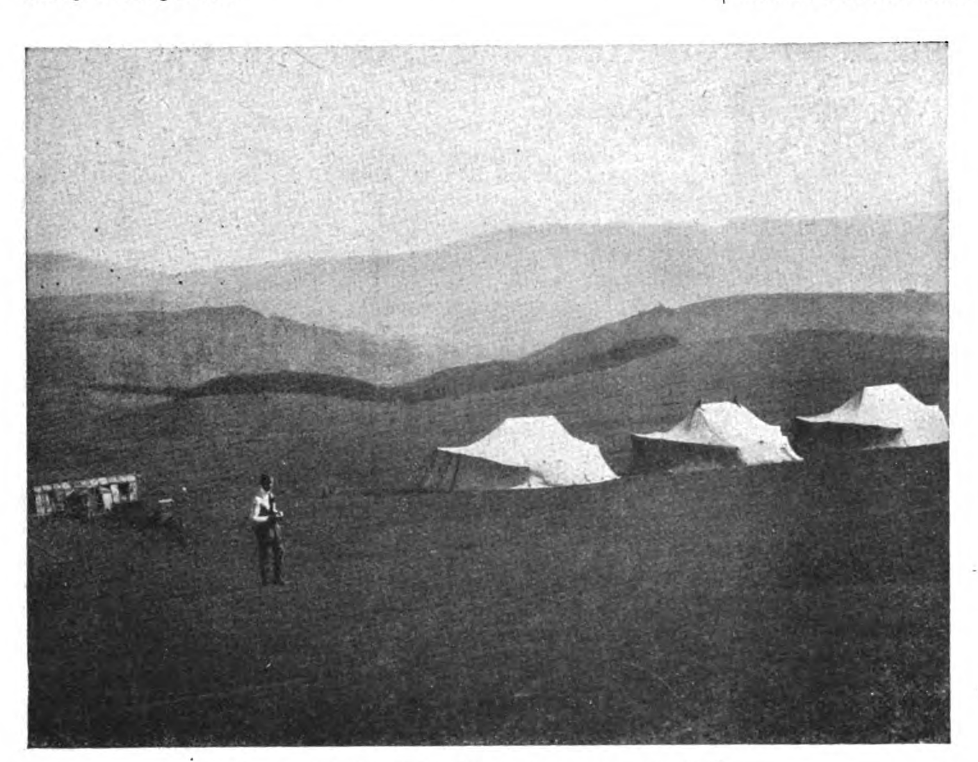


Abb. 1. Blick auf das Fliegerlager von der Kuppe.

Konstruktiv stellt der Gleitflugzeugbau in manchem Sinne geringere Anforderungen als der Motorflugzeugbau, so daß es auch dem privaten Flugbegeisterten möglich ist, sich mit einfachen Mitteln ein hinreichend sicheres und gutes Gleitflugzeug zu bauen. Anderseits aber sind im Gleitflugzeugbau die Leitsätze des Motorflugzeugbaues: geringstes Gewicht, raffinierteste Materialausnutzung, Vermeidung nichttragenden Widerstandes, Rücksicht auf gute Flugeigenschaften, in potenzierter Form für den Erfolg maßgebend, so daß der Bau motorloser Flugapparate sehr wohl befruchtend auf die Entwicklung des Baues schwachmotoriger Kleinflugzeuge wirken kann. Hierin war wohl der zweite Zweck der Rhönflugveranstaltung zu erblicken.

Eine dritte wichtige Aufgabe der Veranstaltung war es, womöglich beizutragen zur Lösung und Klärung der sog. Segelflugfrage. Viele Vögel verstehen es, durch lange Zeit ohne Flügelschläge gleitend dahinzuschweben. Woher sie dann die Energie nehmen, die sie zur Auftrieberzeugung bzw. zur Überwindung des Formwiderstandes aufwenden müssen, ist ohne weiteres nicht ersichtlich. Wenn die Möven und Albatrosse stundenlang ohne Flügelschlag die Schiffe begleiten, die Raubvögel offensichtlich mühelos über dem Gebirge und über den tropischen Steppen ihre Kreise ziehen und selbst die kleinen Schwalben in niedrigsten Höhen von wenigen Zentimetern die kompliziertesten Evolutionen vollführen, so wird unsere ungeteilte Bewunderung geweckt und die Sehnsucht, es sowohl diesen Flugkünstlern an Geschicklichkeit als der Natur an Wirtschaftlichkeit des Fliegens gleichzutun.

Über die Art, wie der Vogel segelt und darüber, welches seine geheimnisvolle Energiequelle ist, gehen die Meinungen der Interessenten stark auseinander. Die Veranstalter haben es vermieden, in der Ausschreibung selbst zu dieser Frage Stellung zu nehmen und sich darauf beschränkt, jedem Gelegenheit zu geben, den Beweis für die Richtigkeit seiner Theorien und Ideen experimentell zu führen. Gewiß war die Folge davon, daß auch manche unfruchtbare Idee ihren Weg in die Rhön fand, aber auch dieses schadet nichts. Wenn auch wohl nicht erwartet werden konnte, die experimentelle Klärung der Segelflugfrage als eine Frucht der Rhön-Flugveranstaltung 1920 zu gewinnen, so war doch die Hoffnung berechtigt, bei diesem Vorläufer einer großzügiger vorbereiteten nächstjährigen Veranstaltung bereits wertvolle Erfahrungen zu sammeln. Diese Hoffnung hat sich erfüllt.

III.

Die zum Wettbewerb erschienenen Flugapparate waren hinsichtlich konstruktiver Durchbildung und Ausführung sehr verschieden. Die angewendete Technologie und die Konstruktion der Bauteile und Verbindungen hatten sich zumeist nach den den Erbauern zur Verfügung stehenden Mitteln gerichtet. Es waren sowohl Apparate vertreten, deren Herstellung nur einige hundert Mark erfordert hatte, während bei anderen mehrere Tausende aufgewendet worden sind. Manche Konstruktion trug die deutlichen Kennzeichen einer Improvisation, aber es ist nicht zu leugnen, daß es auch in technologischer Hinsicht manches Lernenswerte in der Rhön zu sehen gegeben hat. Vom konstruktiven Standpunkte aus drängt sich eine Einteilung der konkurrierenden Apparate in drei Gruppen auf:

Die erste Gruppe bilden die sog. Hängegleiter nach Lilienthals Vorbild. Diese Apparate, von den Wettbewerbern selbst mit primitivsten Mitteln gebaut, waren größtenteils als zweizellige, verspannte Doppeldecker ausgeführt, in denen der Führer wie in einem Barren hängend untergebracht ist. Die Aufrechterhaltung des Gleichgewichts und die Steuerung erfolgt lediglich durch Verlegung des Körperschwerpunktes. Hierzu gehört eine ziemliche turnerische Gewandtheit. Sämtliche Muskeln des Führers sind dabei voll in Anspruch genommen, sodaß es z. B. kaum denkbar wäre, diesem noch die Bedienung eines Steuerorganes zuzumuten. Hängegleiter hatten an den Start gebracht: Die Städtische Flieger-Vorschule Nürnberg, der Flugtechnische Verein Darmstadt, der Flug-



Abb. 2. Der Lagerkoch mit seinen Getreuen.

technische Verein Stuttgart und Konrad Seitz. Konstruktiv boten alle diese Apparate nichts neues. Sie erhoben auch keineswegs Anspruch darauf, sondern bezweckten lediglich, mit möglichst geringem Aufwand ein Fliegen zu ermöglichen. Um so mehr verdient anerkannt zu werden, daß der junge Pelzner auf den Nürnberger Apparaten recht beachtliche Leistungen mit großem Geschick und Schneid ausgeführt hat. Er erreichte 52 s und 452 m. Er startete unermüdlich und brachte in 16 Flügen fast 3 km Gesamtflugstrecke hinter sich. Der Nürnberger Doppeldecker hatte bei 13 m² Tragfläche nur 15 kg Leergewicht und ca. 5 m Spannweite. Auch Brenner führte auf dem Stuttgarter in 8 Tagen ununterbrochener Arbeit vollendeten Gleiter mehrere geschickte Gleitflüge vor.

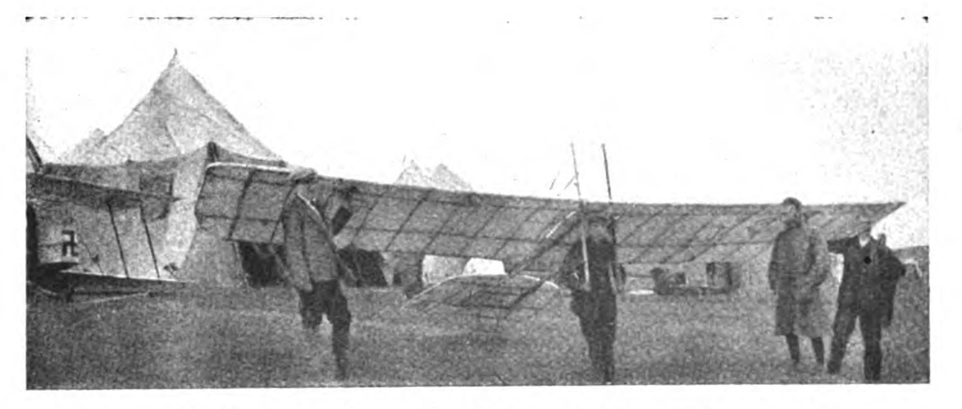


Abb. 3. Eindecker des Flugtechnischen Vereins Darmstadt, Führer Braun.

Eine zweite Kategorie bilden die Maschinen, welche in der äußeren Form und technischen Durchbildung vollkommener ausgeführt, im großen ganzen den Motorflugzeugen der Gegenwart nicht unähnlich und mit allen Steuern wie diese ausgerüstet sind. Zu dieser Kategorie gehören die folgenden Maschinen:

Ein Dreidecker von Richter und Hauenstein. Er fällt durch seine große Bauhöhe von 2,80 m bei geringer Spannweite von 4 m auf. Das damit verbundene Opfer an Seitenstabilität war dem Vorzug des geringen Raumbedarfs bei Transport und Unterbringung gebracht worden. Die Konstruktion der Verbindungsteile ist durchweg sehr einfach, aber mit viel Sorgfalt durchgeführt. Kennzeichnend war ausgiebige Verwendung von Hanfkordelwicklung als Verbindungsmaterial.

Der Zweidecker von Poelke hatte als Kennzeichen die Verwendung nur einer zentralen Landungskufe, während die übrigen Apparate durchweg deren zwei haben. Zur guten Überleitung des Landungsstoßes waren die schrägen Flächenstiele bis zu dieser Kufe durchgeführt.

Demselben nicht unähnlich war der Eindecker von Bleske.

Zu den bei weitem aussichtsreichsten Apparaten gehörte der Zweidecker des bekannten Albatrospiloten Eugen von Lößl. Diesem eigentümlich war der große Tragflächeninhalt von 21 m². Die Maschine war als normaler einzellig verspannter Rumpfdoppeldecker mit beiderseits einem Stielpaar, sehr niedrig gehaltenem Kufengestell und freitragenden, stark ausgeglichenen Steuerflächen ohne festes Leitwerk ausgebildet. Sie wog etwa 50 kg. Von Lößl hatte bereits vor dem Kriege als einer der tätigsten Mitglieder der Darmstädter Flugsportvereinigung zahlreiche Gleitflüge gemacht. Unter einer so geschickten Führung wie der seinen hätte sein Flugzeug zweifellos noch vorzügliche Leistungen erwarten lassen. Leider erlitt der so bewährte Führer das Mißgeschick, bei einem schönen Fluge über den Wald ins Tal 3/4 km nach dem Start durch Abbrechen des linken Höhenruders die Herrschaft über die Maschine zu verlieren. Anscheinend bei dem Versuche, durch Verlegen des eigenen Körperschwerpunktes weiter zu steuern, stürzte er unglücklicherweise aus der Maschine heraus und erlag seinen Verletzungen. Es war am 24. Todestage des Altmeisters des Gleitfluges, Otto Lilienthals.

Ein von Eugen von Lößl zusammen mit Herbert Pobel konstruierter Parasol mit dickerem Profil, Flächenverwindung und Sperrholzrumpf wurde leider nicht mehr fertig.

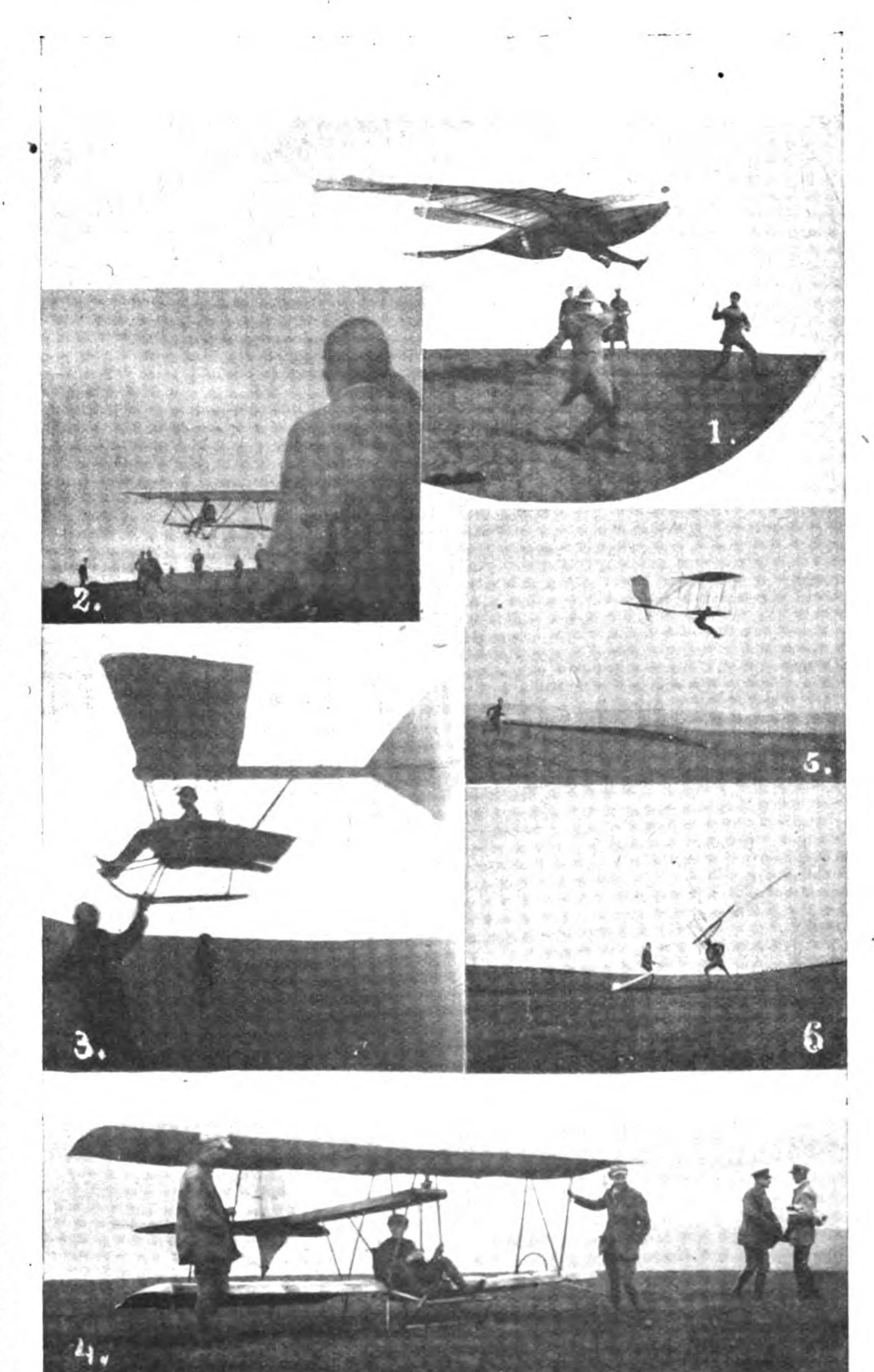


Abb. 4. 1. Zeise-Schlagflügelflugzeug, Führer Suchla. 2. Poelke, 3. und 4. Druce, Berlin. 5. Pelzner, Nürnberg. 6. Braun, Darmstadt.

Einen in den Einzelheiten gut durchgebildeten rumpflosen Doppeldecker mit tiefliegendem Führersitz hatten die erfolgreichen Berliner Flugmodellkonstrukteure Schlak, Drude und Schalk gebracht. Die Steuerung erfolgte mittels eines

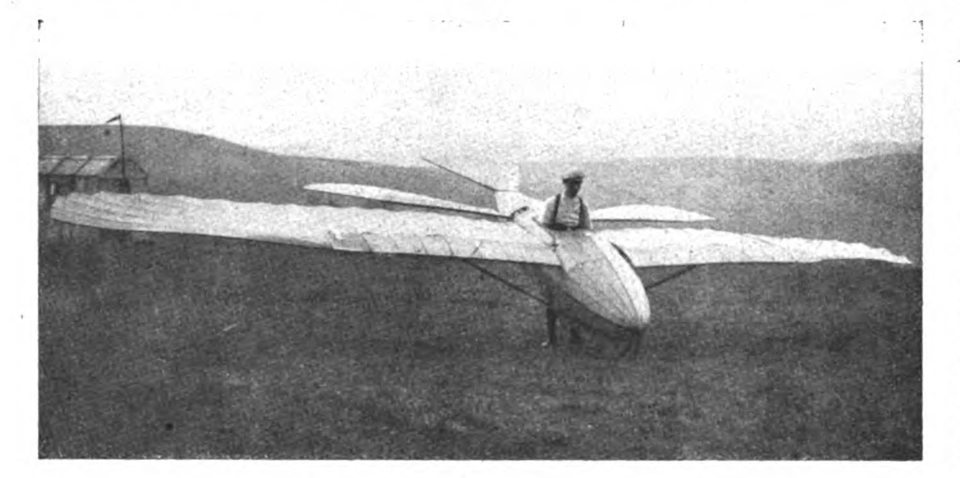
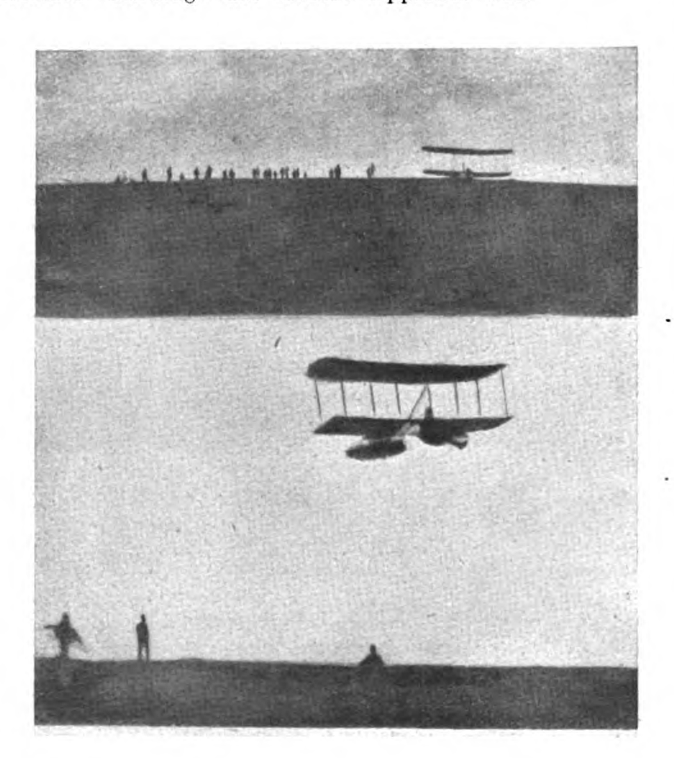


Abb. 5. Zeise-Schlagflügelflugzeug.

hängenden Knüppels. Der Schwanz wird durch einen doppelten Träger in Sperrholzkonstruktion gehalten. Die Tragflächenverspannung ist die bei einzelligen Doppeldeckern übliche. Die Spannweite betrug 6 m, das Gewicht einige 30 kg, das Flächenausmaß ca. 12 m². Drude führte eine größere Zahl kürzerer Gleitflüge auf diesem Apparate aus.



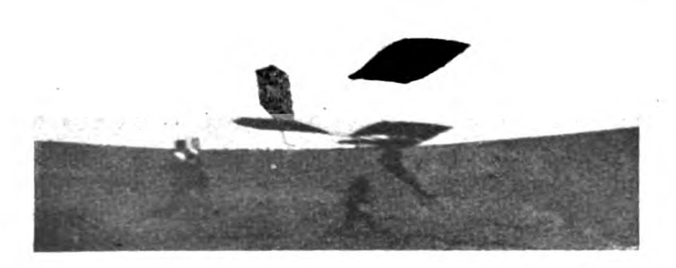


Abb. 6, 7, 8. Start, Flug und Landung von Pelzner, Nürnberg.

Mit den primitivsten Mitteln hatte sich der erst 15jährige Peter Riedel aus Aschersleben einen komplett mit allen Steuern ausgerüsteten Rumpfdoppeldecker gebaut. Zur Bespannung des schlanken Bootes und der Tragflächen hatte Papier gedient. Die in manchen Teilen gar wohl durchdachte Konstruktion legte beredtes Zeugnis davon ab, mit welch ungeheuerer Begeisterung der jugendliche Erbauer an sein Werk gegangen war. Die frische Art, mit der er auch ans Fliegen ging, gewann ihm im Nu aller Zuneigung.

Etwas ausführlicher bin ich in der Lage, die Maschine der Flugwissenschaftlichen Vereinigung Aachen zu beschreiben, welcher es vergönnt war, bei diesem Wettbewerb die besten Flugergebnisse zu erzielen. Der Apparat ist von einer Gruppe von Studierenden der Technischen Hochschule Aachen und einigen Praktikern aus der Motorindustrie in den freien Abendstunden gebaut worden. Herr Professor Dr. v. Kármán benutzte jede Gelegenheit, den Bau in freundlicher Weise zu unterstützen und zu fördern, insbesondere auch durch Zuverfügungstellung von Räumlichkeiten des aerodynamischen Instituts der Technischen Hochschule für die Montage.

Was den Entwurf des Apparates anlangt, so will ich nicht verhehlen, daß keineswegs fertige Werkzeichnungen vorhanden waren, sondern es ist vieles, wie man sagt, nach Schnauze dimensioniert worden. Doch wurde während des Baues jeder Bauteil sorgfältig gewogen, und es war eine große Genugtuung,



Abb. 9. Brenner auf dem Gleiter der Stuttgarter.

als sowohl das Gesamtgewicht mit 61 kg als auch die Lage des Schwerpunktes sehr genau mit den ursprünglichen Schätzungen des Entwurfs übereinstimmten. Für den Entwurf war der Gedanke maßgebend gewesen, daß auch bei motorlosem, langsamem Fluge die Unterdrückung schädlichen Widerstandes, d. h. die Heraufsetzung des Verhältnisses Auftrieb

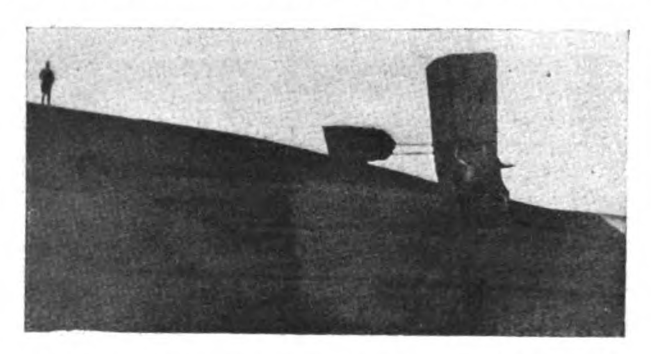


Abb. 10. Braun, Darmstadt, Landung mit Seitenwind.

zu Widerstand des ganzen Flugzeugs von mindestens derselben Bedeutung für die Erzielung eines flachen Gleitfluges und ferner der Möglichkeit des Segelns ist, wie die Beschränkung in der spezifischen Flächenbelastung. Einesteils wurde große Wendigkeit und Steuerbarkeit erstrebt, anderseits mußte, solange noch nicht hinreichende praktische Erfahrungen vorlagen, eine gewisse Flugeigenstabilität erwünscht sein. Alle

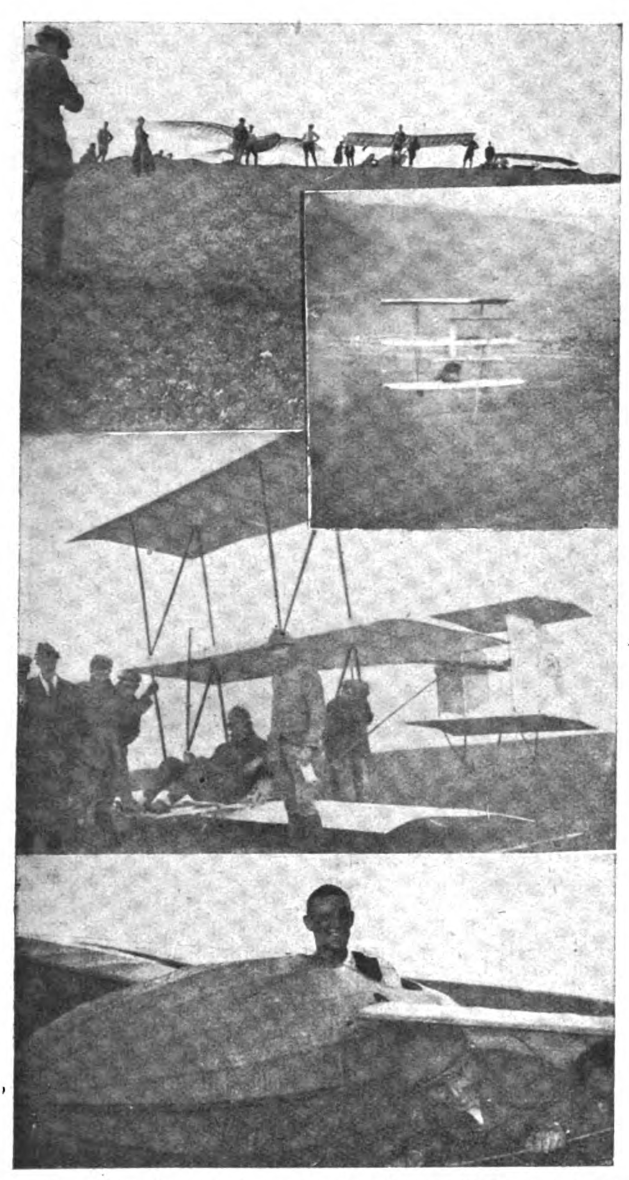


Abb. 11. Von oben nach unten: Am Start; Richter auf seinem Dreidecker im Fluge; Leutnant Suchla im Zeise.

diese Forderungen führten von selbst zu einem Typ, welcher in den wesentlichen Kennzeichen dem bewährten Eindecker von Professor Junkers am ähnlichsten ist.

Als hauptsächlichstes Baumaterial für den ganzen Apparat wurde dreifach verleimtes Sperrholz von 1½ mm Dicke verwendet, das konsequent fachwerkartig ausgespart wurde, wobei sämtliche verbleibenden Fachwerkstäbe durch Anleimen von dünnen Holzleisten knicksicher gemacht wurden. Alle Leimungen wurden mit Kaltleim ausgeführt. Am ganzen Flugzeug ist außer den Steuerkabeln kein einziger Draht vorhanden und kein einziger Blechbeschlag außer dünnen Aluminiumblechhülsen zur Befestigung der Flächenhinterkantenleiste und den Schellen, mittels welcher der abnehmbare Schwanz befestigt wird. Das Tragdeck ist ungeteilt aus einem Stück, und um trotzdem ein leichtes Verladen auf der Bahn und einen Straßentransport zu ermöglichen, wurde der ganze Schwanz samt Rumpf unmittelbar hinter der Flügelhinterkante abmontierbar gemacht. Der vordere Teil des Rumpfes samt Führersitz und Windschutz wächst organisch aus dem Tragdeck heraus.

Das durchgehende Tragdeck mit etwas V-Form bildet das Hauptstück des Apparates und ist ohne jede Verspannung freitragend. Die Dicke der Fläche verjüngt sich nach außen zuerst rascher, dann langsamer. Die konvexen Konturen der Rippen sind untereinander affine Figuren. Der Flügelumriß ist trapezförmig. Die innerste Rippe hat eine Länge von 1,90 m bei 42 cm Höhe, ist also ziemlich dick, die äußerste ist 1,40 m lang und 12 cm dick. Die Flügelunterseite ist sehr wenig gewölbt. Die zwei innersten Rippen sind bikonvex. Die Hauptelemente des Traggerüstes sind drei Holme, ein starker Mittelholm und je ein gleichdimensionierter Vorder- und Hinterholm von zwei Drittel der Bauhöhe des Hauptholms. Durch diese Anordnung war es möglich, für den Hauptholm die größte Bauhöhe der Rippen voll auszunutzen. Der Hauptholm ist als Kastenträger mit ausgesparten und durch angeleimte Diagonalleisten versteiften Sperrholzstegwänden und Gurtleisten aus Weidenholz ausgebildet. Er ist so dimensioniert, daß er noch fünffache Sicherheit hätte, wenn er das ganze Fluggewicht allein zu tragen hätte. Er wog bei einer Spannweite von 9,30 m 7,5 kg. Mit Rücksicht auf die Bruchsicherheit wäre es auch möglich gewesen, mit geringerer Rippenhöhe auszukommen, jedoch wurde großer Wert darauf gelegt, eine große Torsionsfestigkeit des Flügels auch bei Verwindungsausschlägen zu erreichen. Die Holme sind nach einer Form, die an manche Vogelflügel erinnert, nach oben durchgebogen, um einesteils die Flächenenden so hoch zu bekommen, daß sie nicht zu leicht bei Landungen mit etwas Schräglage beschädigt werden und anderseits doch günstigere Trag- und Stabilitätseigenschaften zu erhalten als bei geradlinig gebrochener V-Form. Nach außen konvergieren die Holme, und zwar haben der Vorder- und Mittelholm etwas Pfeilform, der Hinterholm liegt in einer vertikalen Ebene. Vorder- und Hinterholm sind als Doppel-T-Träger mit Sperrholzfachwerksteg und vier Weidengurtleisten ausgebildet. Äußerst zart sind die Rippen in Fachwerkbauart gehalten. Sie sind durch die Holme durchgesteckt und die Gurtleistchen sind erst nach der Montage von außen über die Holme angeleimt worden. Den Stirndruck nimmt eine Holzleistenkreuzkonstruktion auf, deren Stäbe T-förmigen Querschnitt haben. Die Raumsteifigkeit bei Torsionsbeanspruchungen wurde durch ein System raumdiagonaler Gurtbänder und in den Feldern, wo die Landungskufengestelle angreifen, durch raumdiagonale Sperrholzfachwerkwände mit einem Aufwand von weniger als 1½ kg in sehr vollkommenem Maße gewährleistet. Die Nasenleiste ist durch eine Umhüllung der Rippenvorderteile mit Zeichenkarton ersetzt. Die Verwindungsklappen sind trapez-



Abb. 12. Links: Doppeldecker Poelke. — Rechts: Eindecker Bleske.

förmig, außen am breitesten und dreimal auf Stricknadeln gelagert. Sie sind sehr leicht demontierbar. Eine jede von ihnen wiegt fertig bespannt und imprägniert samt Spannschloßanschlüssen bei $^3/_4$ m² Inhalt 870 g. Dabei sind sie völlig

Abb. 13 u. 14. von Loeßls Flug am 8. Aug. 1920. — Oben rechts: Die Maschine nach der Landung.

raumstarr. Die äußerste Rippe der Klappen ist aus Stabilitätsgründen ein wenig nach oben gezogen. Der Flügel ist insofern nicht uninteressant, als er zeigt, daß es möglich war, eine freitragende Tragfläche von reichlicher Sicherheit für die hier in Frage kommenden Flächenbelastungen und von vollkommener Formstarrheit mit einem Konstruktionsgewicht von nur 1,6 kg/m² inklusive Stoff und Imprägnierung in Sperrholzfachwerkkonstruktion zu bauen. Dies ist etwa die Hälfte des im Flugzeugbau sonst, und zwar mit Verspannung üblichen. Wir haben allerdings einen sehr gut geeigneten Stoff mit 48 g/m² Gewicht gefunden und zu diesem Stoffe ein eigenes Imprägnierungsverfahren entwickelt. Das nach den Ergebnissen unserer Versuche hergestellte Imprägnierungsmittel, dessen einer Bestandteil Kollodium ist, wurde uns von der Dürener Schießwollfabrik zur Verfügung gestellt. Die Imprägnierung wiegt ca. 38 g für 1 m². Die Reißfestigkeit beträgt nach der Imprägnierung ca. 600 kg/m.

Der Führersitz ist in das Tragdeckprofil halb eingebaut. Der Hauptholm dient als Rückenlehne, der Vorderholm geht unter der Sitzvorderkante durch. Die Rumpfspitze dient zur Aufnahme des Seitensteuerfußhebels. Sie war so gebaut, daß auch im Falle eines Kopfstandes der Führer einigermaßen geschützt war. Einige interessante Einzelheiten weist die Steuerung auf. Der Steuerknüppel aus Duraluminiumrohr mit Bambusgriff wiegt 130 g inklusive Anschluß für die Steuerseile, welche sämtlich im Innern des Rumpfes bzw. der Fläche geführt sind. Der Knüppel ist in einem sehr leichten Kugelgelenk gelagert. Die hohle Stahlkugel samt Kugelschalenring aus Duralumin wiegt 77 g. Der Rumpf baut sich auf 5 Holmen auf und ist durch raumdiagonale Verstrebungen versteift. Die Trennschellen aus Aluminiumblech sind so konstruiert, daß je 2 Duraluminbolzen durch beide Schellenteile und je einen der unmittelbar aneinander stoßenden Holmstümpfe hindurchgeht. Da die Steuerkabel an der Trennspantstelle mit besonderen Karabinerhaken lösbar sind, werden zur Montage oder Demontage des Schwanzes von 3 Mann nur zwei Minuten benötigt. Das freitragende Leitwerk wächst mit sanftem Übergang aus dem Rumpf heraus, der hinten durch einen aus zusammengebundenen Rohrstöcken hergestellten Sporn unterstützt wird. Das durchgehende Höhensteuer, viermal auf Duraluminbolzen gelagert, wiegt bei 3 m Spannweite nur 1390 g. Das Seitensteuer ist in üblicher Weise an die Kielfläche angelenkt und wiegt bei 0,6 m² Flächeninhalt 600 g.

Eine eigenartige Gestalt hat das Landungsgestell. Um ihm große Spurweite zu geben, und da bei einem Gleiter die Tragflächen einen sehr wesentlichen Teil der Gesamtmasse verkörpern, wurden die Beine nicht aus dem Rumpf, sondern aus dem Flügel herauswachsen gelassen. Die beiden Gestelle sind seitlich nicht verspannt oder verstützt, sie sind in sich genügend steif ausgebildet. Dies hat sich sehr bewährt, insofern keine Achse oder horizontale Verbindungsstrebe bei der Landung an Grasbüscheln, Maulwurfshaufen od. dgl. hängen bleiben kann. Die vollkommene Verkleidung der Kufengestelle nach Stromlinienform scheint auch aerodynamisch günstig zu sein. Die Landungskufen aus zweiteilig verleimten Eschenholz sind mit Gummibändern derart elastisch unter dem Kufengestellkörper befestigt, daß sie nach oben und vor allem auch nach seitwärts und hinten federn können.

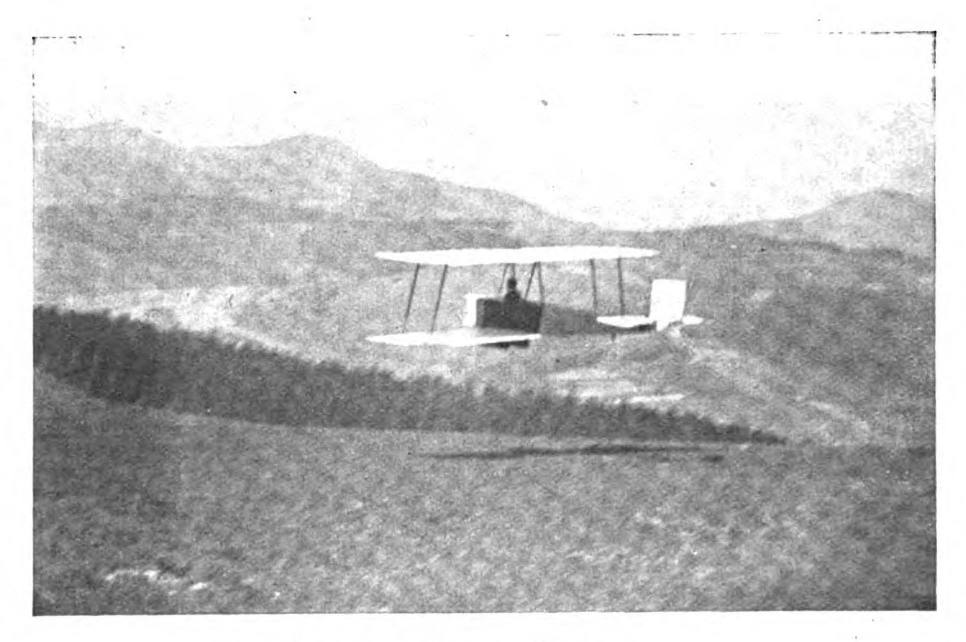


Abb. 15. von Loeßl im Fluge 1920.

Bei einer gesamten Tragfläche von ca. 15 m² beträgt die spezifische Flächenbelastung im Fluge je nach Gewicht des Führers $8^1/_2$ bis 9 kg/m².

Für den Straßentransport hatten wir einen kleinen zweirädrigen Wagen gebaut, der quer unter das Tragdeck gelegt werden konnte. Der abmontierte Schwanz wurde gesondert

samt dem übrigen Gepäck auf einem vorgespannten Fuhrwerk verladen. Der ursprüngliche Plan, das Transportwägelchen auch zum Start der Länge nach unter

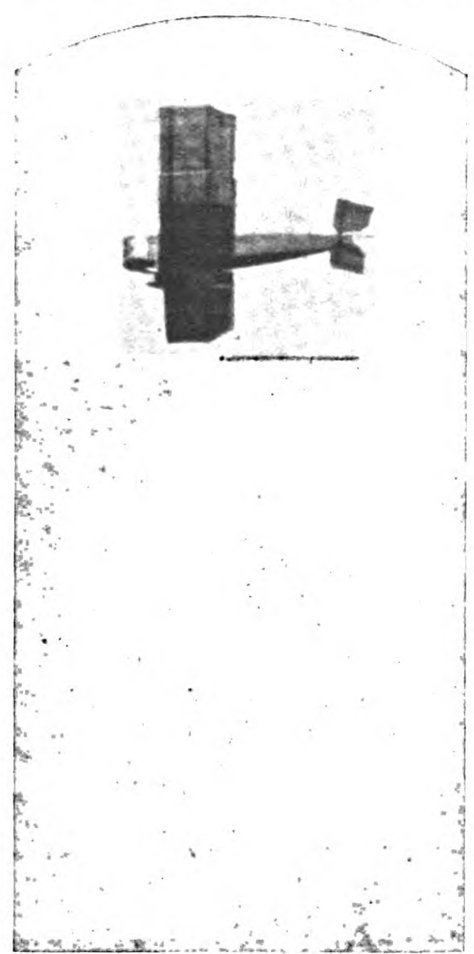


Abb. 16. von Loeßls Flug am 9. Aug. 1920.



Abb. 20. Eindecker der Flugwissenschaftlichen Vereinigung Aachen.

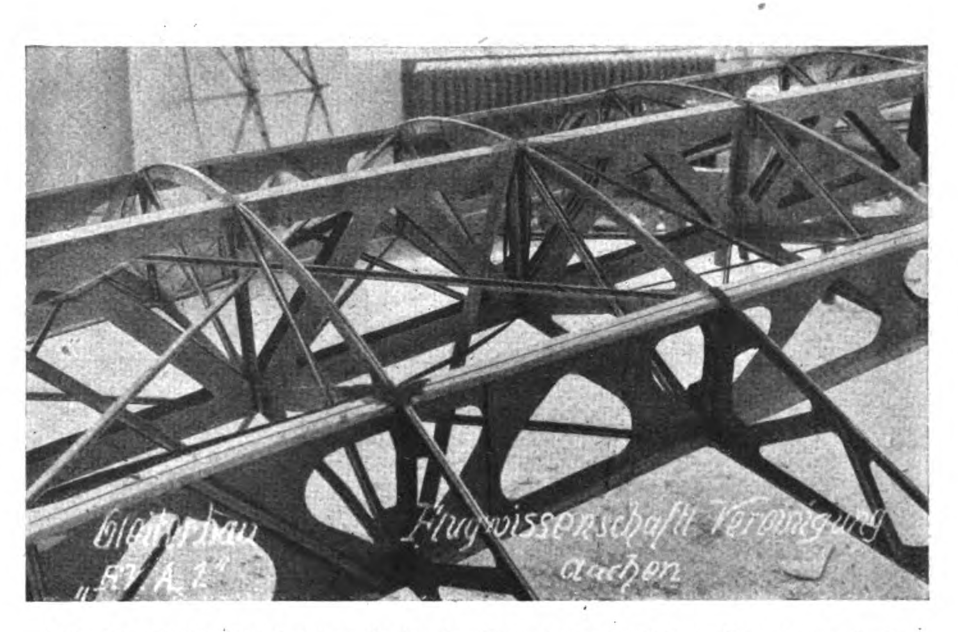


Abb. 21. Flügel-Konstruktion Segler der Flugwissenschaftlichen Vereinigung Aachen.

die Kufen zu legen und so anrollend bei Erreichung genügender Geschwindigkeit vom Wagen wegzustarten, erwies sich als überflüssig. Vielmehr genügte folgende einfache Methode vollkommen: die Maschine wurde auf ihren eigenen Kufen gegen den Wind gestellt und um je einen Haken am hinteren Ende der Kufen ein Seil von der Stärke einer Wäscheleine geschlungen. An den beiden Enden dieses Seiles waren je eine etwa 1 m lange

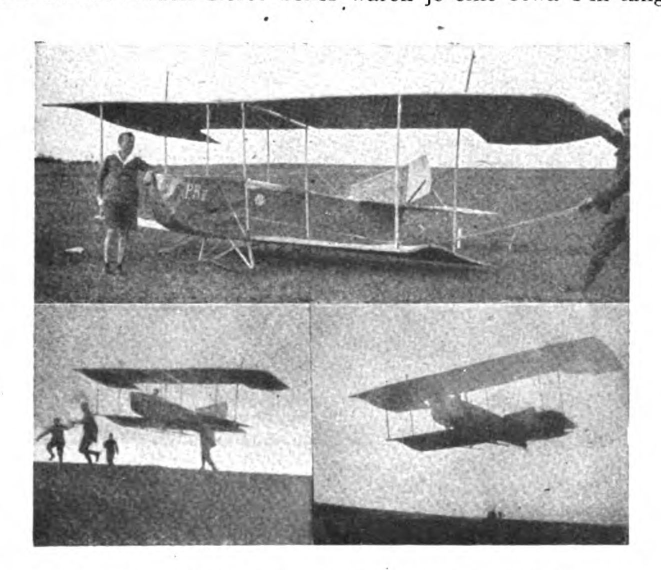


Abb. 17—19. Riedel mit seinem selbstgebauten Schulgleiter.
Unten: Wie er fliegen lernt.
Unterhaltung zwischen Hilfsmannschaften und Peter Riedel:
»Gelt, Peter, die Menschen sehen ganz klein aus.«

Gummischnur von Flugzeugabfederung stammend, befestigt. An den Enden dieser Gummischnur zogen nun je 2 Mann, die Kufen glitten dann leicht über den Rasen, da ihre Last schon im Stand zum großen Teil durch den Gegenwind ihnen abgenommen wurde. Nach wenigen Schritten Anlauf, bei starkem Winde aber schon direkt vom Stand, stieg die Maschine vom Boden weg, und die Startmannschaft behielt das Seil in den Händen. Diese Startmethode bewährte sich vorzüglich. Zog eine Seite stärker als die andere, so schadete das nichts, denn das Seil rutschte dann über die Haken bis der Kräfteausgleich wieder hergestellt war.

Etwas ganz hervorragendes und jeden alten Flieger Verblüffendes ist die freie Sicht aus dem Führerraum. Bei der Landung kann man sich direkt die Grashalme aussuchen, auf denen man aufsetzen will.

Erfreulicherweise stimmten Druckmittelpunkt und Steuerempfindlichkeit bereits beim ersten Fluge sehr gut, und auch die Stabilitätseigenschaften waren nach allen Achsen außerordentlich angenehm, so daß es möglich wurde, schon am ersten einigermaßen annehmbaren Flugtage, der uns nach langer Nebelperiode beschieden war, trotz wenig günstigen Wetters nach zwei kurzen Probeflügen eine Höchstleistung mit ca. 2 km Flugstrecke und 2 min 22,4 s Dauer zu erreichen. Ich möchte nicht unerwähnt lassen, daß die vorteilhafte Eigenschaft des dicken, nach außen abnehmenden Profils in der Gegend des Anstellwinkels höchsten Auftriebs einen flachen Verlauf der Auftriebskurve zu zeigen, sowohl beim Landen als besonders bei den bei »Segelversuchen« häufigen Stadien langsamsten Fluges sehr angenehm zur Geltung kam, insofern beim Überziehen das Durchfallen nur sehr allmählich und bei noch guter Seitenstabilität eintritt.

Mit derselben Maschine wurden am letzten Wettbewerbstage Versuche gemacht, den Segelflug der Vögel nachzu-

ahmen. Ein starker Wind von ca. 12 m/s wehte auf der Kuppe und war mit Böen von ∼ 6 m/s Geschwindigkeitsänderung derartigen Versuchen sehr günstig. Gegen diesen Wind startend, versuchte ich durch Hin- und Herkreuzen über dem Hang, welchen der Wind heraufstrich, und durch Ausnutzen von Böen möglichst in der Nähe des Startpunktes zu bleiben und über dessen Höhe zu steigen. Dies war auch möglich. Die Maschine erreichte eine Höhe, welche 20 m über Startpunkt geschätzt wurde, und zwar nicht etwa unmittelbar nach dem Start. Einmal hielt ich mich ca. 10 s völlig still über demselben Punkte der Erde und trieb dann eine kurze Strecke zurück. Die Landung erfolgte nach mehreren Manövern nach 75 s nur 47 m tiefer als der Startpunkt, in 220 m Entfernung von diesem. Die Zuschauer bezeichneten ihren Eindruck von dem Fluge als den einer Nachahmung dessen, was man Segelflug der Vögel nennt.

Abb. 22. Segler der Flugwissenschaftlichen Vereinigung Aachen, im Bau.

Nach mir starteten noch zwei Führer auf unserer Maschine, von denen der erstere, Herr Heffels, sich die erste Zeit des Fluges in gleicher Höhe mit dem Startpunkt hielt. Er landete nach 24 s nur 25 m tiefer als der Startpunkt. Die Landung erfolgte vorzeitig, weil der Führer in den Windschatten eines Hanges geraten war und dadurch Geschwindigkeit verloren hatte. Der letzte Führer hatte das Mißgeschick, gleich nach dem Start mit dem linken Flügel den Boden zu berühren, worauf sich die Maschine überschlug. Der Führer erlitt keine Beschädigung, aber die Maschine war außer Gefecht gesetzt.

Während die bisher beschriebenen Maschinen sämtlich mit den normalen Flugzeugsteuern ausgerüstet waren und von den Erbauern und Führern die Ausführung des Segelfluges in der Ausnutzung von innerer Energie des Windes mittels bestimmter Steuermanöver erblickt wurde, waren auch eine größere Anzahl von Apparaten zum Wettbewerb gemeldet, deren Konstruktion von normalen Flugzeugen grundlegende Abweichungen aufweist und nach Ansicht der Erfinder für den Segelflug von besonderer Eignung sein sollte. Von derartigen Apparaten sind aber nur zwei erschienen. Der eine von diesen, welcher die Flügel mit einem komplizierten Mechanismus zurückklappen wollte, war viel zu schwer, um in der Luft erprobt werden zu können. Der andere war der Apparat des Senators und Fabrikbesitzers Zeise aus Altona. Diese Maschine war in vieler Hinsicht außerordentlich interessant. Erstens besaß sie Tragflächen mit weitgehend elastischem, großenteils einseitig bespanntem Gerippe. Zweitens war sie als einzige mit einer Schlagflügeleinrichtung versehen, durch welche der Führer, einmal im Fluge, durch Muskelkraft hätte den Gleitflug strecken oder womöglich die volle Vortriebsarbeit leisten sollen, und endlich war eine von der Norm abweichende Steuerung zur Anwendung gebracht. Die Maschine war in äußerst sauberer Ausführung mit teilweise ganz neuer Technologie der Bearbeitung zusammengeleimter Bambusstäbe u. dgl. gebaut. Die Erbauer haben an Leichtigkeit und Festigkeit eines elastischen Tragwerks offenbar eine mustergültige Konstruktion geschaffen. Die besonders imprägnierte Bespannung aus Japanseide bewährte sich auch in der Feuchtigkeit sehr gut. Von besonderem Interesse war die sinnreiche, komplizierte und doch leichte Antriebsvorrichtung zur Betätigung zweier Schlagflügel mittels Pedale. Die Schlagflügel ragten hinter der Hauptfläche aus dem Rumpf heraus und konnten nach Art der Vogelflügel auf und ab bewegt werden. Da ihre Rippen elastisch waren, gaben sie beim Kraftabschlag Auftrieb und Vortrieb.
Der Schwanz war dem des Vogels nachgebildet. Er bestand nur in einer starren Dämpfungsfläche. Steuerruder waren nicht vorhanden. Die Flügelenden der Hauptfläche waren sowohl gleichläufig als gegenläufig verwindbar. Hierdurch sollte die gesamte Steuerung der Maschine bewirkt werden. Leider war die Flächenbelastung bei 9 kg/m² für das elastische Profil doch so reichlich, daß erst der starke Wind der letzten Flugtage genügte, die Maschine angeseilt vom Boden zu heben. Sei es nun, daß die elastischen Flächen sich unter der Wirkung der starken Böen anders als beabsichtigt deformierten, oder

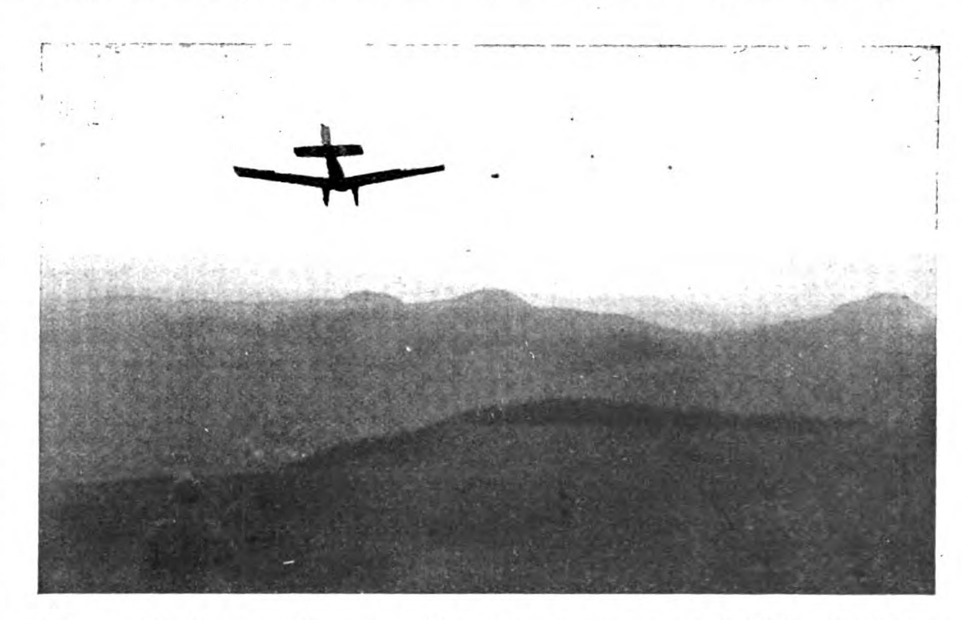


Abb. 23. Segelflug von Klemperer auf Eindecker der Flugwissenschaftlichen Vereinigung Aachen am 7. September 1920. Deutlich sichtbarer Verwindungsausschlag.

daß der Schwerpunkt nicht ganz richtig gelegen hat, jedenfalls havarierte die Maschine, anscheinend nach dem Start durchfallend, so daß ein einwandfreier Überblick über ihre Brauchbarkeit noch nicht gewonnen werden konnte, was um so mehr zu bedauern ist, als sie immerhin zu der Hoffnung berechtigt hatte, daß es mit ihr erstmalig gelingen könnte, praktische Versuche mit Schlagflügeln in der Luft zu machen.

Flugzeuge mit Hilfsmotor, welche ausschreibungsgemäß bis 5 PS zugelassen waren, sind nicht gemeldet worden. Es ist offenbar ein geeigneter Motor noch nicht vorhanden.

IV.

Ich möchte nun zusammenfassen, was die gezeigten Flugleistungen, die Versuche und der ganze Betrieb an praktischen Erfahrungen gezeitigt hat.

Das Gelände der Wasserkuppe in der Rhön hat sich unbedingt als hervorragend geeignet für derartige Versuche erwiesen, und es würde schwer sein, ein besseres zu finden. Wenig günstig zeigten sich jedoch die klimatischen Verhältnisse im August. Insbesondere war oft die Kuppe selbst in Wolken gehüllt, während 200 m tiefer das Wetter Flüge zugelassen haben würde oder gar sehr geeignet war. Nach den meteorologischen Erfahrungen der Eingeborenen sollen die Monate Juni und Juli in dieser Hinsicht wesentlich günstiger sein.

Was nun die Maschinen anbelangt, so hat sich gezeigt, daß die bewährten und bekannten Konstruktionen bessere Leistungen zu vollbringen in der Lage waren, als Verkörperungen unerprobter Ideen und allzu gewagte Improvisationen. Insbesondere ergibt sich, daß die Richtlinien, welche Herr Professor Junkers aufgestellt und mit so überragenden Erfolgen im motorischen Schnellflug zum Siege geführt hat, dieselbe Bedeutung gewinnen, beim motorlosen Langsamfluge. Aber auch der alte Grundsatz: Nicht zuviel Neues auf einmal! hat sich wieder einmal bewährt. Wenn auch das Segelflugzeug im gewissen Sinne individuell entwickelt werden

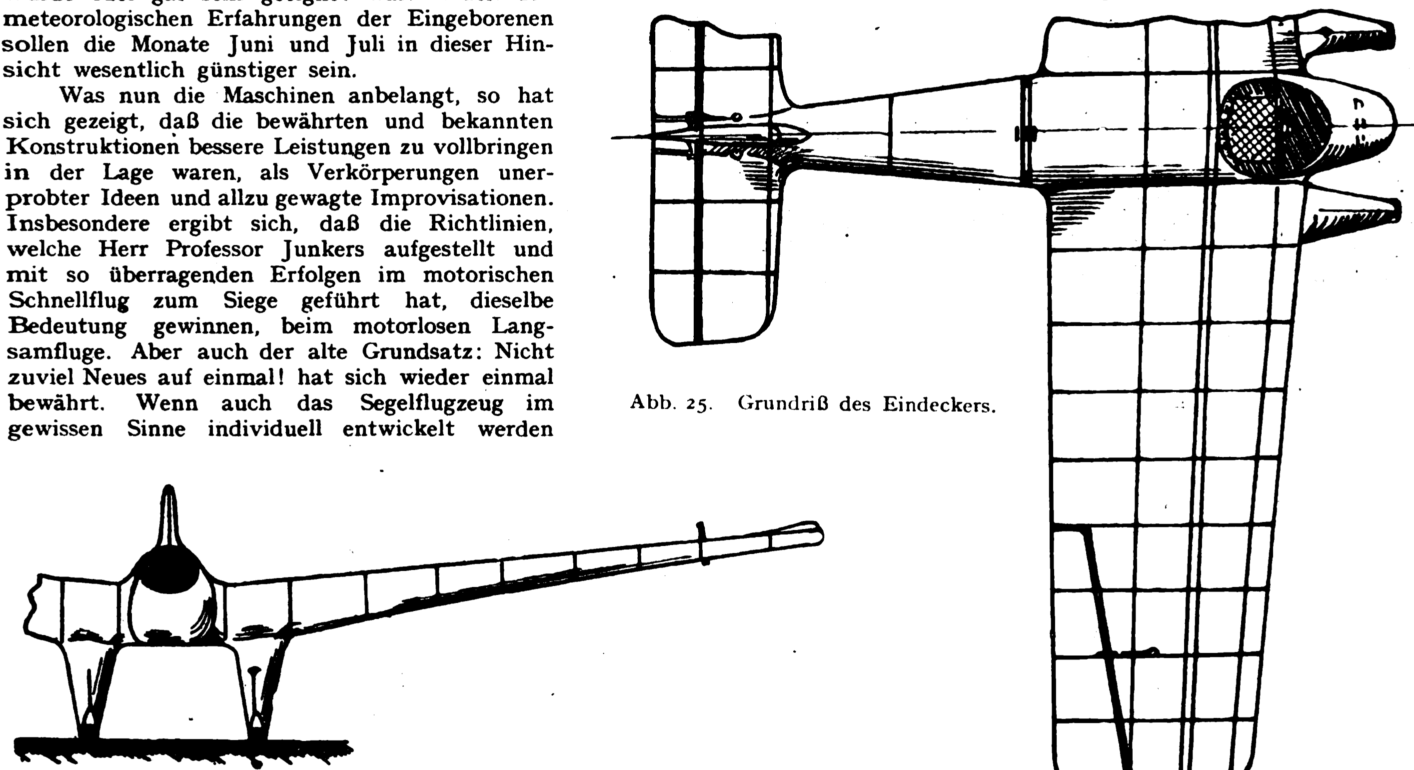


Abb. 25. Grundriß des Eindeckers.

Abb. 24. Vorderansicht der Flugwissenschaftl. Vereinigung Aachen.

soll, so wird es doch nur auf dem Wege gehen, daß der Theoretiker, der gewissenhafte Konstrukteur und der erfahrene Flieger Hand in Hand arbeiten. Diese werden gewiß in mancher Hinsicht vor neue Aufgaben gestellt. Der Flieger in der Technik des Steuerns und im Verständnis der Dynamik des Fluges; und der Konstrukteur vor die Aufgabe von Konstruktionen unerhörter Leichtigkeit und Beschränkung in den Hilfsmitteln. Es muß der richtige Kompromiß gefunden werden zwischen Stabilität und allseitiger Wendigkeit. Es ist nicht zu vergessen, daß ausgiebige Steuerwirkungen bei den geringen Geschwindigkeiten des Gleit- und Segelfluges insbesondere für die Verwindung unbedingt erforderlich sind. Leichte Unterbringung, bequemer Straßentransport, vor allem große Beständigkeit gegen die Einwirkungen der Feuchtigkeit, welche vielen in der Rhön zur Kalamität wurde, sind Forderungen, die nicht außer Acht gelassen werden dürfen. Die Flächengröße praktisch brauchbarer Apparate hält sich zwischen 12 und 20 m². In der Rhön wurde eine Faustregel aufgestellt: man brauche im allgemeinen, um freizukommen, soviel Sekundenmeter Gegenwind, als man kg/m² Flächenbelastung hat. Eine Ausnahme machte allerdings unsere Maschine, welche vermöge des gegenüber dem Durchschnitt besseren Verhältnisses von Auftrieb zu Widerstand trotz ihrer 8½ kg/m² schon bei 4 m/s Wind sehr gut startete und die Höchstleistung aufstellen konnte.

Auf Kufen landet es sich fast besser als auf Rädern, besonders wenn, wie bei uns, die Kufen gefedert sind, denn es gibt kein Springen nach dem ersten Aufsetzen. Keine der mit Rädern erschienenen Maschinen hat diese beibehalten, denn es wäre kaum möglich gewesen, mit Rädern bei einer Landung auf dem Hange zum Stillstand zu kommen. Auch der Start von Kufen geht ausgezeichnet. Die meisten der übrigen Teilnehmer starteten, mit an den äußeren Flächenstielen od. dgl. festen Punkten angebrachten Drahtseilen, an denen Startmannschaften zogen, bis auf ein Kommando »frei« losgelassen wurde. Dieses Verfahren bewährte sich im allgemeinen recht gut, jedoch hatte demgegenüber unsere Startmethode noch den Vorteil einer kleinen Energieaufspeicherung in der Gummischnur und der Unschädlichkeit ungleichmäßigen Ziehens.

Sehr bewährt hat sich auch eine einfache Methode der Anlernung von Gleitflugschülern, indem die Apparate einfach nicht freigelassen wurden, sondern die Startmannschaften Flugzeug samt Schüler gegen den Wind am flachen Hang wie einen Drachen durch die Luft führten. So kann der mitlaufende Lehrer von der Erde aus durch Zuruf dem Schüler Steuerkorrekturen übermitteln. Diese Möglichkeit der Verständigung zwischen Flugzeug und Erde mutete den an das Motorgeräusch gewohnten Flieger höchst originell an. Der Gipfelpunkt der Belustigung war es, als der kleine Peter Riedel in seinem papierenen Kahn in vielleicht 5 m Höhe geschleppt wurde und ihm Herr Suchla von unten zurief: »Höhensteuer, etwas vordrücken, mehr vordrücken, rechts reintreten!« Darauf legte der kleine Pilot, der wohl das letzte nicht verstanden hatte, die rechte Hand ans Ohr und rief hinunter: »Wie bitte?« Diese kleine Episode wirft auch ein Schlaglicht auf die Ungefährlichkeit des Gleitflugsportes, welcher auf die geringe Geschwindigkeit und die Abwesenheit jeden Brennstoffs zurückzuführen sind. Darum ist es auch nicht bedenklich, wenn die einmal eingeleitete Bewegung und entfachte Begeisterung weitere Kreise zieht und das Interesse für Gleit- und Segelflug insbesondere bei der Jugend wie ein zündender Funke verbreitet hat. Bezeichnend ist vielleicht, daß sogar die Gersfelder Bauernjungen nichts Eiligeres zu tun hatten als sich aus Besenstielen, Packpapier und Bindedraht sogar unter

Verwendung einiger Spannschlösser fragwürdiger Herkunft einen 6 m großen Doppeldecker zusammenzubauen. Wenn es auch die Folge eines unglücklichen Mißgeschickes war, daß der Tod eines so tüchtigen Fliegers, wie Eugen von Lößl, zu beklagen ist, so hat sich doch gerade gezeigt, daß bei dem vielen Kleinholz, das ansonsten fabriziert wurde, auch nicht die geringste Verletzung vorgekommen ist. Allerdings sind Segelflugversuche in niedriger Höhe über dem Boden, und zumal im Gebirge und bei starkem böigen Wind mit leichten wendigen Apparaten eine eigene Kunst, und nicht jeder gute Flugzeugführer wird einen guten Segelflieger geben. Aber es

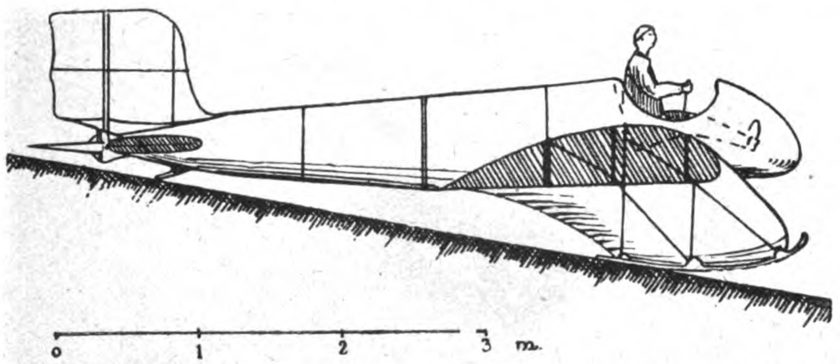


Abb. 26. Seitenriß des Eindeckers der Flugwissenschaftl. Vereinigung Aachen.

hat sich ebenso gezeigt, daß doch nur der ans Segeln denken kann, der schon über Erfahrungen im Fliegen verfügt. Gewiß ist zuzugeben, daß man solche Erfahrungen auch durch systematische Gleitflüge sammeln und vertiefen kann.

Auf Bordinstrumente muß der Gleiter aus Gewichtsgründen vorerst verzichten. Wohl wäre ein leichtes Geschwindigkeitsmeßinstrument mit einem Skalenbereich von 6 bis 20 m/s sehr erwünscht.

Was hat nun der Rhönsegelflug 1920 hinsichtlich der Klärung der Segelflugfrage erreicht? Keiner der Anhänger der wiederauflebenden Anschauung, daß durch besonders raffinierte Formgebung der Flügel allein ein müheloses Schweben erzielt werden kann, hat die Gelegenheit dieses Wettbewerbs benutzt oder zu benutzen vermocht, um den praktisch experimentellen Beweis der Richtigkeit seiner Ideen zu erbringen. Daß aufsteigende Luftströmungen über dem Gebirge u. dgl. ergiebige Energiequellen für Segelflüge bilden, war natürlich allen bekannt und hat sich durch die ausgeführten Flüge sehr offensichtlich zeigen lassen. Was nun das Wichtigste, den Segelflug durch Ausnutzung der Wirbel- und Böenenergie des Windes betrifft, so haben wohl einige der anwesenden Flieger hierüber mehr oder minder konkrete Theorien gehabt. Herr von Lößl verstand es offenbar auf Grund langer Erfahrungen bei Abnahmeflügen, das Beste aus der Maschine herauszuholen, die Böen, wie er sich ausdrückte, lediglich nach Gefühl auszunutzen. Über den Mechanismus dieses Vorganges und die Technik seines Steuerns, welche durch scharfe, ruckweise Bewegungen gekennzeichnet war, hat er sich nicht ausgesprochen. Vielleicht hat er sich ebensowenig Rechenschaft davon zu geben vermocht, wie etwa ein Radfahrer davon, wie er es macht, auch im Dunkeln, ohne umzufallen, fahren zu können. Ich selbst habe mich bemüht, bei dem erwähnten Fluge am 7. September die Böen auszunutzen, welche mir begegneten. Bei vier deutlich wahrgenommenen Böen ist mir dies auch geglückt. Eine ist mir verunglückt, sie kam sehr unerwartet von der falschen Seite im Augenblick, wo ich ein Manöver hätte machen müssen, durch das ich mit dem Berghang hätte kollidieren können. Eine weitere habe ich aus Passivität durchgelassen. Ich war überzeugt, daß ich den Flug an Ort kreuzend noch hätte fortsetzen können, doch landete ich freiwillig, einesteils mit Rücksicht auf die anderen Führer, welche noch starten wollten und dann auch, weil es überaus anstrengend ist, die Böen aus den kleinsten Anzeichen aufzuspüren und dabei sich eigentlich in einer

Situation zu befinden wie ein abgeschossener Flugzeugführer, der keinen Motor mehr hat und noch vor einem Wald eine Notlandung erzwingen muß. Auch ich vermag schwer zu beschreiben, wie ich eine Böe rechtzeitig zu erkennen und durch welches Manöver ich sie auszunutzen versuche. Ich glaube, es kommt darauf an, auf alle Fälle so zu fliegen, daß der Energiegehalt der Strömung nach dem Flugmanöver ein geringerer ist als vorher, d. h. daß durch das Flugmanöver die anderweitig hervorgerufene Ungleichförmigkeit gemindert, die Strömung also geglättet wird. Man muß so fliegen, daß die Böe sozusagen etwas gebremst und die übrige Luft der Bö

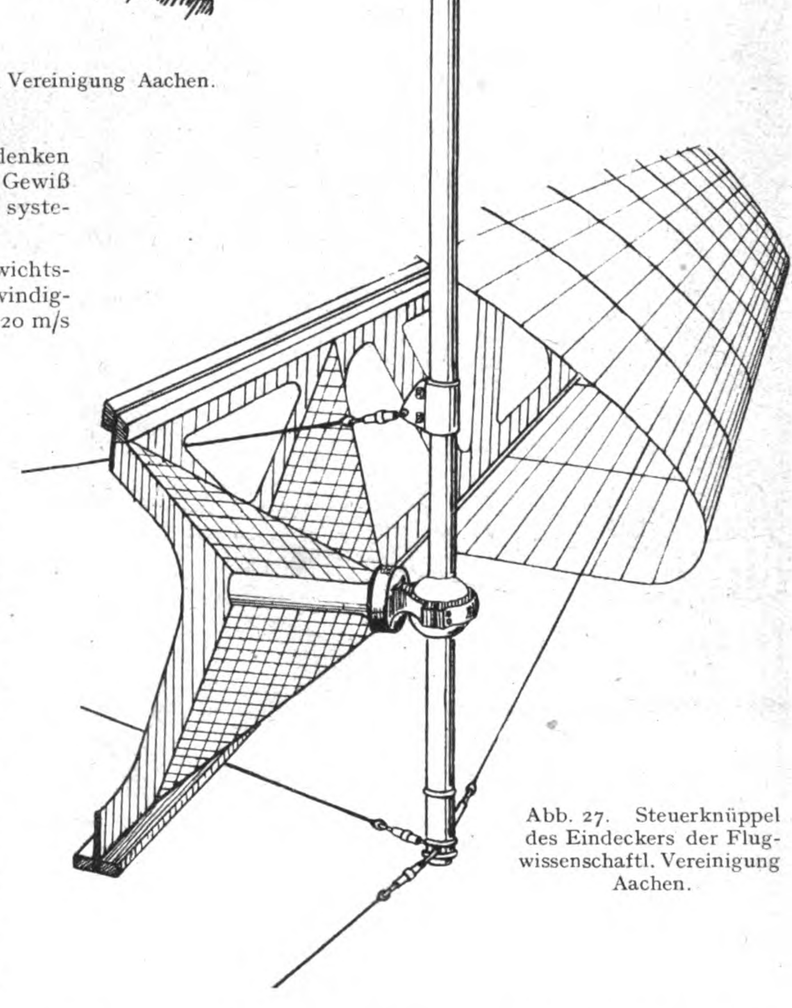


Abb. 27. Steuerknüppel des Eindeckers der Flugwissenschaftl. Vereinigung Aachen.

gewissermaßen etwas nachgeschoben wird, um die Gleichförmigkeit im gesamten Strömungsgebiet zu erhöhen. Ich hatte schon früher als Flieger im Felde beobachtet, daß es möglich ist, an der Grenzschicht zweier verschieden gerichteter Luftströmungen, wie sie im Karst im Sommer häufig vorkommen, ziemlich viel Energie dadurch zu gewinnen, daß man aus dem einen etwa oberen Gebiet in der Richtung entgegen der Relativbewegung des anderen, beispielsweise unteren Gebietes in dieses hineinfliegt oder gleitet, dort scharf umkehrt und wieder in das erste hinüberzieht. Der Energiegewinn dieses Manövers geht auf Kosten des Energiegehalts der gesamten Strömung, deren Ungleichförmigkeit dadurch verringert wird. Es ist aber auch wohl möglich, örtliche und

zeitliche Windschwankungen ohne Kursänderung in grundsätzlich ähnlicher Weise auszunutzen. Auch in einer stationären Strömung kann unter Umständen ein lokales Geschwindigkeitsgefälle solcher Art vorhanden sein, daß ein Segeleffekt möglich wird, wenn der Flieger so fliegt, daß er die zur Auftriebsgewinnung erforderliche Zirkulation sozusagen gratis vorfindet.

Die Bewertung von Gleitflügen ist schwierig, denn die zurückgelegte Strecke und die erreichte Flugdauer sind durch das Gelände sehr wesentlich mitbestimmt. Bei großen Flugstrecken macht sich in der Praxis die Schwierigkeit bemerkbar, die Entfernung genau zu messen, insbesondere wenn Hindernisse zwischen Start und Landungspunkt liegen. Die Feststellung von Höhenunterschieden war mit den vorhandenen empfindlichen Höhenmessern gut möglich. Große Sorgfalt erfordert noch die Messung des Windes. Die Bewertung von Segelflügen bzw. der Geschicklichkeit, mit welcher der Führer die Energie von Windströmungen und Windschwankungen sich zunutze macht, geschah durch eine Formel, bei welcher als Wertziffer das Verhältnis der gegen Luft zurückgelegten Strecke zur gesamten Fallhöhe berechnet wurde. Die Flugstrecke gegen Luft berechnet sich bei Gegenwind aus zurückgelegter Entfernung ± (Windstärke mal Flugdauer). Der so gewertete Ausdruck ist identisch mit dem um den Segeleffekt verbesserten Gleitverhältnis. Während bei den meisten besseren Gleitflügen Werte von 7 bis 9½ errechnet wurden, kam für den Flug von Herrn Heffels auf der Aachener Maschine die Wertziffer 17 und für meinen letzten Flug, bei welchem der Höhenverlust während 2 min 22 s 47 m betrug, 31 heraus.

Die Bewertungsfrage wird in Zukunft noch mancher Überlegung bedürfen. Ich glaube nicht, daß es zweckmäßig sein wird, allzu großen Wert auf den Streckenrekord zu legen. Schon das Wiederzubergschaffen der Maschine ist sehr mißlich. Ich geriet bei meinem Fluge ins Tal in Regen. Da mittlerweile sich die Kuppe wieder in Wolken verkrochen hatte, mußte ich unten eine halbe Stunde auf Hilfsmannschaft warten, um abzumontieren und in strömendem Regen die Maschine in das nächste Dorf zu tragen, dort übernachten und die Maschine, so gut es ging. in einer Scheune unterstellen. Am nächsten Tage erfolgte dann bei sehr starkem Winde ein beschwerlicher Bergtransport, nach dem wir zu abgespannt waren, um noch zu einem Start am selben Tage zu kommen. Übrigens verdient erwähnt zu werden, daß bei dieser Gewaltprobe der Durchnässung sich die neue Imprägnierung so bewährt hat, daß die Maschine fast überhaupt nicht gelitten hatte.

Vielleicht wäre es hinsichtlich Bewertung des Segelfluges sehr interessant, an der mittleren Fallgeschwindigkeit den Maßstab anzulegen, d. h. das Verhältnis von Niveaudifferenz von Start und Landungspunkt zur Flugdauer festzustellen. Dieser Wert kann auch 0 oder gar negativ werden, wenn es dem Segler gelingt, in der Höhe des Startpunktes oder gar höher als dieser zu landen. Es ergibt sich übrigens dann von selbst, daß sich der ganze Flug in der Nähe des Startpunktes abspielen wird, was für alle Zuschauer auch am interessantesten und lehrreichsten sein dürfte.

Zweifellos bietet das ganze Problem soviel des Interessanten und Aussichtsreichen und außerdem der Gleit- und Segelflugsport die unter den gegenwärtigen Verhältnissen am leichtesten erreichbare Form fliegerischer Sport- und Forschungsbetätigung, daß es wohl lohnend erscheint, hier den Hebel systematischer Forschung und sportlicher Förderung anzusetzen. An begeisterten Mitarbeitern wird es nicht fehlen, um so mehr als es neben dem wissenschaftlichen Interesse und dem sportlichen Reiz auch ein unbeschreiblicher Genuß ist, so langsam und lautlos und doch nach eigenem Willen steuerbar über der wundervollen Mittelgebirgslandschaft dahinzuschweben.

Aussprache:

E. Meyer: Die Wissenschaftliche Gesellschaft für Luftfahrt hat den Gleit- und Segelflugwettbewerb in der Rhön 1920 in mehrfacher Weise, insbesondere durch Stiftung eines Preises unterstützt. Nachdem heute Herr Klemperer über diese einzige flugsportliche Veranstaltung, die im Jahre 1920 bisher ausführbar gewesen ist, in diesem Kreise kurz berichtet hat, möchte ich nicht unterlassen, im Namen des Verbandes Deutscher Modell- und Gleitflugvereine der Wissenschaftlichen Gesellschaft für Luftfahrt an dieser Stelle für die bisherige Förderung besten Dank zu sagen und zugleich der Bitte Ausdruck zu geben, diesen Bestrebungen in Zukunft das gleiche Interesse wie bisher weiter entgegenzubringen.

Vorsitzender: Ich danke Ihnen sehr! Ich kann Ihnen darauf erwidern, daß in der gestrigen Sitzung des Gesamtvorstandes bereits beschlossen worden ist, nach wie vor weiter mit Ihnen zu arbeiten und alles zu tun, um Ihren Segelflugwettbewerb zu unterstützen, soweit es in den Kräften der Wissenschaftlichen Gesellschaft für Luftfahrt steht. Es ist eine Kommission ernannt worden, die sich mit Ihnen in Verbindung setzen wird, um die Ausschreibung möglichst schnell herauszubringen, damit wir im nächsten Jahre auf einen noch schöneren Erfolg zurückblicken können als den jetzigen, der schon ganz ausgezeichnet und sehr vielversprechend für die Zukunft ist. —

Außerdem möchte ich Ihnen, Herr Klemperer, recht herzlich dafür danken, daß Sie uns über Ihre Wahrnehmungen bei dem Rhönfluge Mitteilungen gemacht haben. Ich wünsche Ihnen und Ihren Mitarbeitern von ganzem Herzen für die Zukunft alles Beste und daß Sie weitere erste Preise gewinnen möchten.

Druck von R. Oldenbourg in München.



BÜCHER FÜR DIE FLUGTECHNIK

Die meteorologische Ausbildung des Fliegers. Von Dr. **Franz Linke,** Professor an der Universität Frankfurt a. M. Zweite verm. Auflage. V und 92 Seiten. 8°. Mit 37 Abbildungen, 4 Wolkenbildern, 5 Wetterkarten und 4 Tafeln. 1917. Geb. M. 8.—

„Nachdem der Verfasser den Leser über die verschiedenen Meßarten der Atmosphäre des Luftdruckes, der Windgeschwindigkeit usw. sowie über die dazu gebräuchlichen Instrumente belehrt hat, spricht er über die Luftbewegungen und ihre Störungen, deren Kenntnis für den Flugzeugführer in Anbetracht ihres Einflusses auf das Flugzeug von größter Bedeutung ist. Ein umfangreiches Kapitel über die Wetterkarte und den Wetterdienst sowie ein Anhang wichtiger Tabellen vervollständigen den Inhalt des Buches, dessen Anschaffung wir jedem Flieger und Flugschüler, aber auch jedem Interessenten des Flugwesens nur empfehlen können." *Prometheus.*

Flugmotoren. Von Oberingenieur **Konrad Müller.** Zweite vermehrte und verbesserte Auflage. V und 141 Seiten. 8°. Mit 211 Abbildungen und 2 Tafeln. 1918. Geh. M. 9.—

„Das vorliegende Buch ist aus der Praxis für die Praxis geschrieben. Es ist die Frucht einer mehr als zwanzigjährigen Erfahrung, die der Verfasser in dem Bau und Betriebe von Verbrennungsmotoren sammelte. Seine Schrift will übrigens nicht die eingehehende praktische Betätigung an den verschiedenen Motortypen ersetzen, sondern sie will eine Hilfe sein, die vielen Teile des Flugmotors und seine Arbeitweise kennen, ihn sachgemäß bedienen und Störungen sicher beurteilen und beheben zu lehren." *Allg. Sportzeitung.*

Flugtechnik. Grundlagen des Kunstfluges. Von Dr.-Ing. **Artur Pröll,** Professor an der Techn. Hochschule Hannover. X u. 332 S. 8°. Mit 95 Textabb. 1919. Geh. M. 40.—, geb. M. 48.—

„Eine Quelle wertvoller Erkenntnisse, die Frucht gründlicher, langjähriger eigener Arbeit und Erfahrung, ein Beweis eifrigen Literaturstudiums, wird das Buch die Flugwissenschaften verbreiten und vertiefen helfen." *Zeitschrift für Flugtechnik und Motorluftschiffahrt.*

Die physikalischen Grundlagen der Höhennavigation. Für die Führer und Höhensteuermänner von Luftschiffen sowie für Freiballonführer dargestellt von **K. Bassus.** VIII und 161 Seiten. kl. 8°. Mit 67 Abbildungen und 1 Tafel. 1917. Geb. M. 7.20

„Das vorliegende Büchlein enthält eine vorbildlich klar geschriebene Darstellung für unseren aeronautischen Nachwuchs und alle diejenigen zahlreichen Laien, die Interesse für die gewaltigen Zukunftsaufgaben haben, die unserer Motorluftschiffahrt im Dienste friedlichen Verkehrs trotz aller Knebelungen vorbehalten sind. Die Art und Weise, wie der Verfasser unter Voraussetzung nur minimaler physikalischer und mathematischer Kenntnisse am einfachsten zu immer verwickelteren Dingen fortschreitet, ist höchsten Lobes wert. Wer das hier Gebotene sich zu eigen macht, der verfügt über eine umfassende, alle Aufgaben des Höhensteuermanns zuverlässig bewältigendes Wissen, ganz abgesehen von der Bereicherung seiner Allgemeinbildung, die ihm eine aufmerksame Lektüre dieses warm zu empfehlenden, preiswerten Büchleins vermittelt." *Der Motorfahrer.*

Luftschrauben-Untersuchungen der Geschäftsstelle für Flugtechnik des Sonderausschusses der Jubiläumsstiftung der Deutschen Industrie. Von Dr.-Ing. **F. Bondemann.** III und 41 Seiten. 4°. Mit 84 Abbildungen und 1 Tafel. 1911. Geh. M. 9.—

Für 1911—1912. III und 30 Seiten. 4°. Mit 75 Abb. und 2 Tafeln. 1912. Geh. M. 6.60

Für 1913—1915. 47 Seiten. 4°. Mit 99 Abb. und 28 Zahlentafeln. 1915. Geh. M. 13.50

„Diese Berichte bringen eine Menge systematischer Versuche, deren Ergebnisse, graphisch und tabellarisch mit den nötigen Erläuterungen versehen, dem Flugtechniker eine willkommene Quelle theoretischen Wissens bieten dürften." *Automobilismus und Aviatik.*

Verhandlungen der Versammlung von Vertretern der Flugwissenschaft am 3.—5. Nov. 1911 zu Göttingen. Im Auftrage der Göttinger Vereinigung zur Förderung der angewandten Physik und Mathematik. Zusammengestellt von Professor Dr. **L. Prandtl,** Göttingen. IV und 60 Seiten. 4°. Mit 50 Abbildungen. Geh. M. 9.—

Aus dem Inhalt: Der Maschinenflug, wie er praktisch in der Luft vor sich geht. Von Aug. Euler. — Über Stabilität von Aeroplanen. Von A. von Parseval. — Über Strömungserscheinungen an Hindernissen. Von G. v. d. Borne. — Ergebnisse und Ziele der Göttinger Modellversuchsanstalt. Von L. Prandtl. — Luftwiderstand und Reynoldsche Zahl. Von H. Blasius. — Über die Längsschwingungen von Flugzeugen. Von C. Runge. — Bemerkungen zur Seitenstabilität der Drachenflieger. Von H. Reißner. — Die Luftschraubenfrage und die Arbeiten der Lindenberger Versuchsanstalt. Von F. Bendemann. — Über die physikalischen Grundlagen der Turbinen- und Propellerwirkung. Von H. Föttinger.